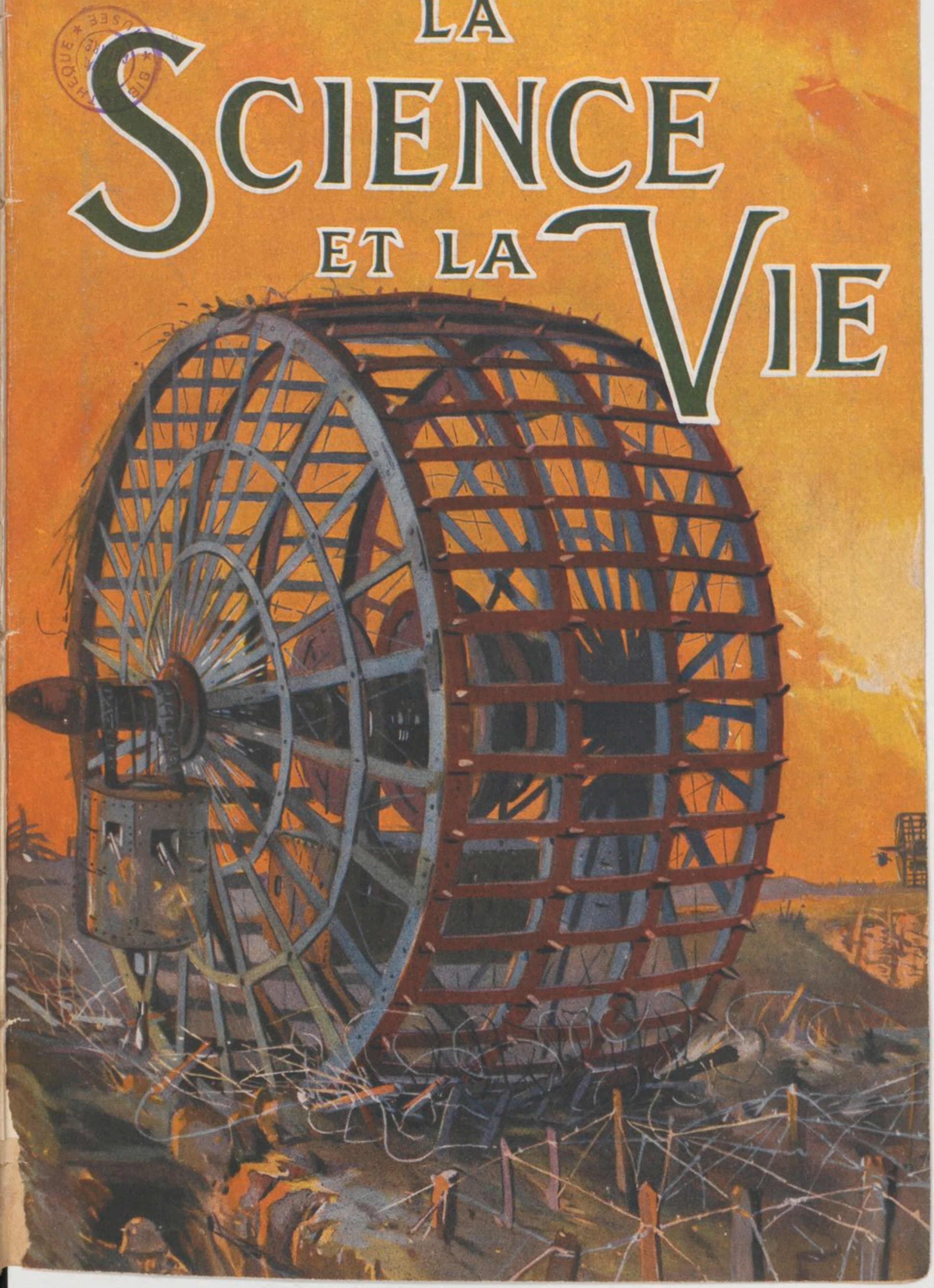
N° 39. - Juillet 1918.

22e Numéro spécial · 2

LA SCIENCE ET LA VIE



La Collection **"IN EXTENSO"** publie

UN Franc

Les MEILLEURS ROMANS CONTEMPORAINS

Complets chacun en UN ELEGANT VOLUME ILLUSTRÉ

UN Franc

118 VOLUMES PARUS :

Abel HERMANT.....	La Discorde.
Edouard ROD.....	Le Silence.
J.-H. ROSNY.....	L'Autre Femme.
Leon HENNIQUE....	Elisabeth Couronneau.
Paul ADAM.....	Les Cœurs Nouveaux.
M. SERAO.....	L'Amour Meurtrier.
BJÖRNSON.....	Les Ames en Peine.
C. LEMONNIER.....	La Fin des Bourgeois.
Ernest DAUDET....	Défroqué.
Ch. LE GOFFIC.....	La Payse.
G. RODENBACH.....	En Exil.
IBSEN.....	Les Revenants.
TOLSTOÏ.....	La Puissance des Ténèbres.
SIENKIEWICZ.....	Rivalité d'Amour.
C. LEMONNIER.....	Le Mort.
H. DE BALZAC.....	L'Amour Masqué.
Ed. HARAUCOURT...	Amis.
Mark TWAIN.....	Le Cochon dans les Trèfles.
BLASCO IBANEZ.....	Dans les Orangers.
CONAN DOYLE.....	Un Duo.
Jean BERTHEROY...	Lu ie Guérin.
Jonas LIE.....	Le Galérien.
Lucien DESCAVES..	Une Teigne.
Grazia DELEDDA ..	La Justice des Hommes.
Ed. HARAUCOURT...	Les Benoît.
Ch.-H. HIRSCH....	La Ville Dangereuse.
M. et A. FISCHER..	Le plus petit Conscrit de France
Paul REBOUX.....	Josette.
Pierre VALDAGNE..	Parenthèse Amoureuse.
Charles FOLEY....	Deux Femmes.
Michel PROVINS....	L'Histoire d'un Ménage.
V. MARGUERITTE...	Le Journal d'un Moblot.
Jean REIBRACH....	A l'Aube.
P. OPPENHEIM.....	La Disparition de Delora.
René MAIZEROY....	L'Amour Perdu.
Marcel LHEUREUX.	L'Empreinte d'Amour.
HORNUNG.....	Stingaree.
KISTEMAECKERS....	Le Relais Galant.
Paul ACKER.....	Un Amant de Cœur.
G. DE PEYREBRUNE.	Une Séparation.
Léon FRAPIÉ.....	L'Enfant Perdu.
GYP.....	L'Amour aux Champs.
Ed. HARAUCOURT...	Trumaille et Pelisson.
Alphonse ALLAIS...	Le Captain Cap.
J.-H. ROSNY.....	Les Trois Rivales.
J. DES GACHONS....	Mon Amie.
François DE NION..	L'Amour défendu.
G. BEAUME.....	Les Amants maladroits.
Jean BERTHEROY...	Le Tourment d'aimer.
Louis DE ROBERT..	La Jeune Fille imprudente.
Abel HERMANT....	La Petite Esclave.
KISTEMAECKERS....	L'Illégitime.
Camille PERT.....	Passionnette Tragique.
GYP.....	Les Poires.
Charles FOLEY....	L'Arriviste Amoureux.
René LE CŒUR....	Lili.
Paul ACKER.....	La Classe.
GYP.....	Le Cricri.
H. DE RÉGNIER.....	Les Amants singuliers.
FABRICE et MARLE.	Tribulations d'un Boche à Paris.
René MAIZEROY...	Yette Mannequin.
Paul LACOUR.....	Cœurs d'Amants.
Michel CORDAY....	Sous les Ailes.
Léon SÉCHÉ.....	Le Printemps du Cœur.
Jeanne LANDRE....	Echalotte et ses Amants.
LA FOUCHARDIÈRE..	Bicard dit le Bouif.
Michel PROVINS...	Les Fées d'Amour et de Guerre.
Louis DE ROBERT..	Le Prince Amoureux.
Jean REIBRACH....	La Force de l'Amour.
GYP.....	L'Age du Mufle.
G. D'ESPARBÈS.....	Le Tumulte.
Charles FOLEY....	La Victoire de l'Or.
BINET-VALMER	Le Gamin tendre.
Fél. CHAMPSAUR....	Sa Fleur.
G. DE PAWLOWSKI.	Polochon.
Annie DE PÈNE....	Confidences de Femmes.
René LE CŒUR....	Danseuse.
Gaston DERYS.....	Mars et Vénus.
CH. DERENNES.....	L'Amour fessé.
G. DE PEYREBRUNE.	Marco.
GYP.....	Les Chéris.
Abel HERMANT. ...	Daniel.
J.-H. ROSNY.....	Amour Etrusque.
Gabrielle REVAL...	La Jolie Fille d'Arras.
WILLY.....	Mon Cousin Fred.
Paul FAURE.....	Les Sœurs Rivales.
M. VAUCAIRE.....	Mimi du Conservatoire.
D'ESPARBÈS.....	La Grogne.
René MAIZEROY....	Vieux Garçon.
Camille PERT.....	Amour Vainqueur.
Myriam HARRY....	La Pagode d'Amour.
Michel PROVINS....	L'Art de Rompre.
Jeanne LANDRE....	Plaisirs d'Amour.
Charles FOLEY.....	Amants ou Fiancés.
Michel CORDAY....	Notre Masque.
CH. DERENNES.....	Le Béguin des Muses.
BINET-VALMER.....	Le Plaisir.
LA FOUCHARDIÈRE..	Le Bouif tient.
GYP.....	Pervenche.
René LE CŒUR....	Les Plages vertueuses.
Daniel RICHE.....	Le Mari modèle.
Jean BERTHEROY...	Le Chemin de l'Amour.
Jean REIBRACH....	Les Sirènes.
Jeanne MARAIS....	La Carrière Amoureuse.
Jean LORRAIN.....	Des Belles et des Bêtes.
André LEBEY.....	Une Dame et des Messieurs.
G. DE PAWLOWSKI..	Contes singuliers.
Fél. CHAMPSAUR...	Jeunesse.
VAUCAIRE et LUQUET	Mademoiselle X..., souris d'hôtel.
Gabrielle RÉVAL..	La Bachelière.
Max. FORMONT.....	Le Sacrifice.
Maur. MONTÉGUT...	Les Clowns.
Annie DE PÈNE....	L'Evadée.
Rémy St-MAURICE.	Temple d'Amour.
René MAIZEROY. ..	Après.
Charles LE GOFFIC.	Passions Celtes.
René LA BRUYÈRE.	Le Roman d'une épée.
Gaston DERYS.....	L'Amour s'amuse.

DERNIERS PARUS :

ANDRÉ DE LORDE..	Cauchemars.
CHARLES DERENNES.	Les Enfants sages.
AUGUSTE GERMAIN..	Les Maquillés.
GYP.....	Entre la Poire et le Fromage.
FRANCIS DE MIOMANDRE.....	Pantomime Anglaise.

La Renaissance du Livre

EN VENTE PARTOUT
Librairies, Kiosques, Marchands de Journaux.
Grands Magasins, Bibliothèques des Gares, etc.

78, Bd St-Michel, Paris (VIe)

Édité par " LA SCIENCE ET LA VIE "

LES ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE ET LEUR POPULATION

Numéro 39. — JUIN-JUILLET 1918

C A N A D A
ÉTATS-UNIS
MEXIQUE
OCÉAN PACIFIQUE
ATLANTIQUE
OCEAN
GOLFE DU MEXIQUE
MER DES ANTILLES
Vancouver
Seattle
Portland
San Francisco
Los Angeles
Denver
Minneapolis
St Paul
Chicago
Detroit
Cleveland
Pittsburg
Philadelphie
Baltimore
Boston
New York
Montreal
Toronto
Ottawa
Québec
Atlanta
Orléans
Mexico
La Havane
Panama
Canal de Panama
Washington
Oregon
Idaho
Montana
Dakota N.
Dakota S.
Minnesota
Wisconsin
Michigan
Wyoming
Nebraska
Nevada
Utah
Colorado
Kansas
Iowa
Missouri
Illinois
Indiana
Ohio
Kentucky
Tennessee
Mississippi
Alabama
Georgie
Caroline du Nord
Caroline du Sud
Virginie
Maryland
Pennsylvanie
New-York
Maine
Arizona
Nouveau Mexique
Texas
Oklahoma
Arkansas
Louisiane
Floride
Sonora
Chihuahua
Coahuila
Durango
Zacatecas
San Luis Potosi
Jalisco
Michoacan
Guanajuato
Puebla
Vera Cruz
Haïti
Jamaïque
Cuba
Bahama
Grandes Antilles
Golfe du St Laurent
Nouv. Brunswick
Ecosse
Terre Neuve
Anticosti
Lac Supérieur
Lac Michigan
Lac Huron
Lac Ontario
Lac Erie
Lac Winnipeg
Lac Nipigon
Lac Mistassini
Lac St Jean
Lac Manitoba
Lac Athabasca
Lac Winnipegosis
Grand Canyon
Great Salt Lake
Great Sand Hills
Llano Estacado
Llano de los Gigantes
Grand Bassin
Montagnes Rocheuses
Sierra Nevada
Sierra Madre
Mer des Antilles
Golfe de Californie
Golfe du Mexique
Golfe du St Laurent
Détroit de Behring
Détroit de Floride
Détroit de Magellan
Cap Horn
Cap Flattery
Cap Hatteras
Cap Race
Cap Sable
Cap Gracias a Dios
Cap Blanco
Cap Mendocino
Cap Corrientes
Cap St Lucas
Cap St Antonio
Cap Cabo Gracias a Dios
Cap Gracias a Dios
Cap Gracias a Dios
Cap

Nº 39.

SOMMAIRE

Tome XIV.

(JUIN-JUILLET 1918)

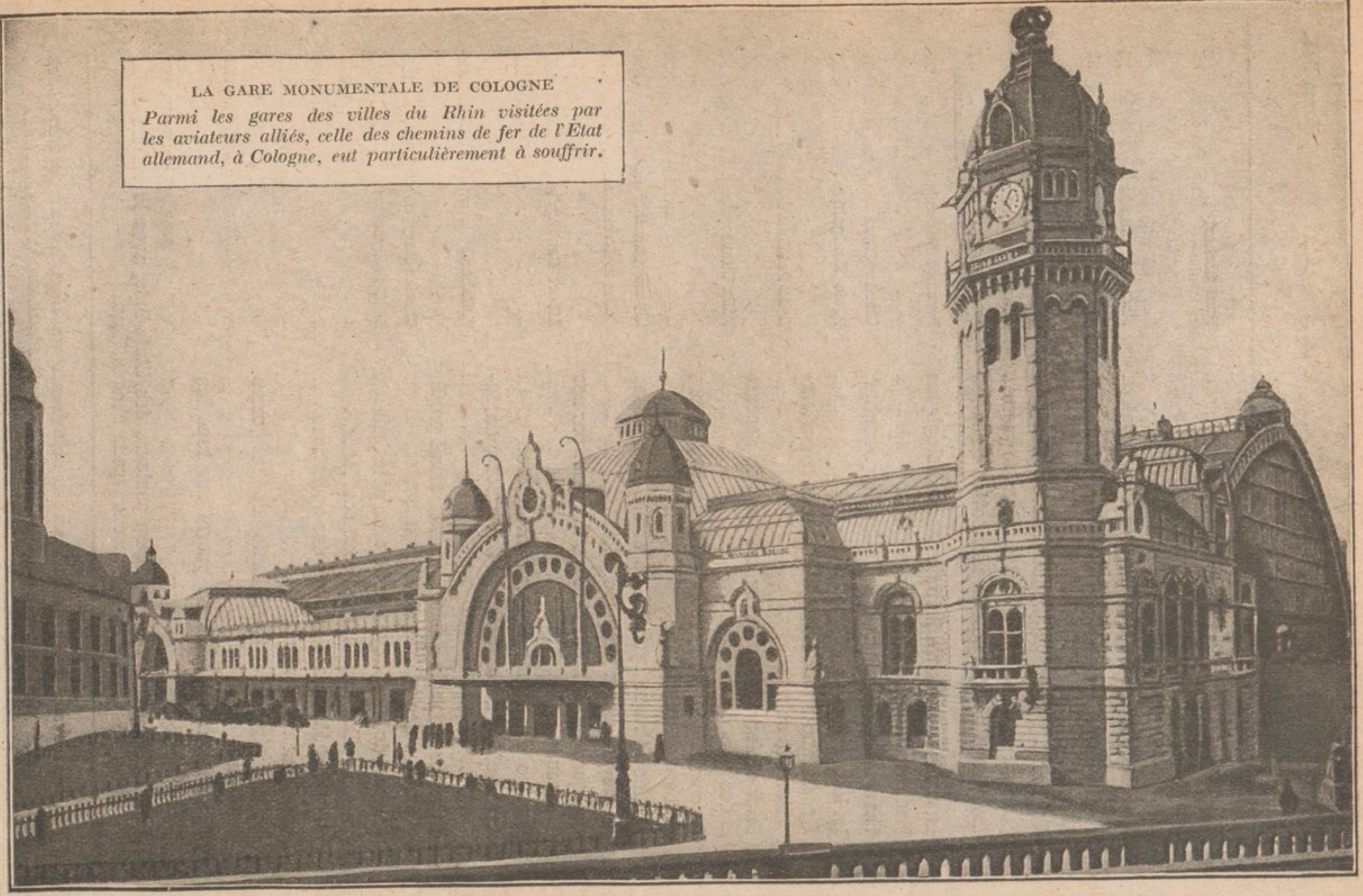
La guerre et les chemins de fer européens	Paul Gerbert	3
Pour apprendre aux aviateurs à repérer les batteries en action		13
Un chantier géant de constructions navales	Francis Guillard	15
Les grands laboratoires industriels de France	Jacques Fermont. Ancien attaché au Conservatoire des Arts et Métiers.	23
La purification électrique des fumées et des gaz	Marcel Guillemaud	37
Les instruments de bord sur les avions de guerre	Georges Houard	47
L'outillage spécial pour la fabrication en série	Jean Oertlé. Ingénieur des Arts et Manufactures.	57
La curieuse industrie des ampoules radiologiques	Fernand Barberin	71
Nouvelle bicyclette à marche simple		80
Les systèmes les plus usités de chauffage central	Claude Gigon	81
La locomotion au gaz pauvre	P. de Montgolfier	97
Les distances de combat à la mer et la perforation des cuirasses	Cᵗ A. Poidlouë	103
Pour éteindre le feu chez soi sans le secours des pompiers	Félix Dauvergne	115
Le comptage et la mise en boîtes automatiques des cigarettes		129
L'acide nitrique synthétique et ses composés	Ulysse Caravehl	131
Le blé américain pour les alliés	Georges Caraman	143
Quelques types curieux d'obus imaginés par nos ennemis	Albert Gandolphe	157
Manège d'entraînement pour aviateurs		162
Les à-côtés de la Science (inventions, découvertes et curiosités)	V. Rubor	163
La suppression de l'éblouissement causé par la lumière des phares d'automobiles	Charles Bury	169
Le livre de Mrs Eddy : « La Science et la Santé »	Dr E. Philipon	171
La ruée allemande sur le front occidental		175
Sur les théâtres secondaires des opérations		181
Les événements navals		183
Le développement formidable de la guerre aérienne		187
Chronologie des faits de guerre sur tous les fronts		190

HORS TEXTE : Grande carte en couleurs des Etats-Unis, avec le chiffre de la population pour chaque État.

La couverture du présent numéro représente un destructeur de tranchées gyroscopique imaginé par un inventeur américain.

LA GARE MONUMENTALE DE COLOGNE

Parmi les gares des villes du Rhin visitées par les aviateurs alliés, celle des chemins de fer de l'Etat allemand, à Cologne, eut particulièrement à souffrir.



BIBLIOTHEQUE

LA SCIENCE ET LA VIE

MAGAZINE DES SCIENCES ET DE LEURS APPLICATIONS A LA VIE MODERNE

Rédigé et illustré pour être compris de tous.

Depuis la guerre, paraît tous les deux mois. — Abonnements : France, 11 francs, Etranger, 18 francs
Rédaction, Administration et Publicité : 13, rue d'Enghien, PARIS — Téléphone : Bergère 37-36

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays.
Copyright by La Science et la Vie *Juillet 1918.*

Tome XIV — Juin-Juillet 1918 — Numéro 39

LA GUERRE ET LES CHEMINS DE FER EUROPÉENS

Par Paul GERBERT

Lorsque le public voit circuler sur nos voies ferrées les longs trains qui emportent vers les divers points du front, depuis la mer du Nord jusqu'à l'Adriatique, soldats, matériel, munitions, vivres, il s'imagine volontiers qu'à cette activité fébrile correspondent d'énormes bénéfices et que des centaines de millions vont, sous la forme de copieux dividendes, s'engouffrer dans les coffres-forts des actionnaires et des obligataires.

Jamais illusion ne fut, hélas ! plus lointaine de la réalité des choses. En effet, depuis les mauvais jours de 1914, le rendement de nos chemins de fer s'est relevé, au point de vue des recettes brutes, d'une manière très brillante, surtout pour les lignes situées dans les départements non envahis. Mais on constate, non sans surprise, en examinant les bilans de 1917, que le produit net a beaucoup diminué, devant l'augmentation fantastique des dépenses de combustibles, de matières premières et de main-d'œuvre. Pour donner un exemple, le prix du charbon est passé de 23 fr. 50 la tonne à 93 fr. 30 pour le réseau du Midi, et de 28 francs à 71 pour celui d'Orléans.

M. LE GRAIN

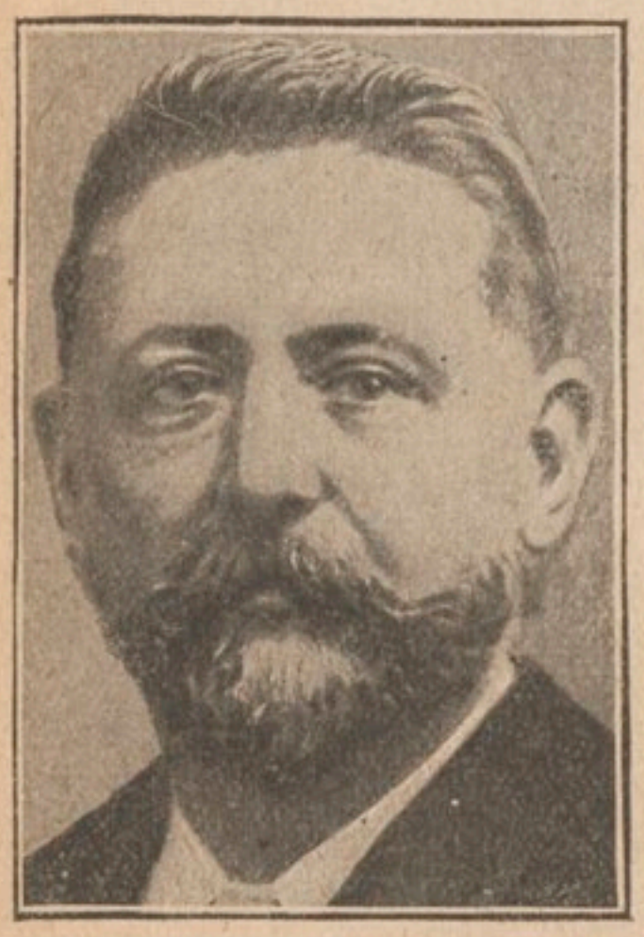
Inspecteur Général des Ponts et Chaussées, Directeur des chemins de fer de l'État français.

Pour faciliter l'exposition des résultats obtenus par nos cinq grands réseaux pour l'exercice 1917, commençons par faire justice d'une légende qui trouve volontiers crédit auprès du grand public et qui repose, comme tant d'autres légendes, sur des bases entièrement fausses.

Il s'agit du profit que les administrations de chemins de fer retirent des transports exécutés pour les départements de la Guerre et de la Marine. Or, loin d'être des sources de bénéfices, ces opérations, qui ont pris depuis l'origine de cette guerre une si vaste ampleur, laissent les compagnies en déficit, surtout depuis que l'augmentation de toutes les matières nécessaires à l'exploitation ainsi que celle des tarifs de la main-d'œuvre ont pris l'importance que l'on sait. Cette insuffisance des tarifs consentis par l'Etat pour ses transports est tellement notoire que des négociations sont actuellement en cours, entre le ministère de la Guerre et les compagnies, en vue d'un relèvement, d'ailleurs très inférieur à ce qu'il devrait être pour donner lieu à un bénéfice, même en temps ordinaire.

Pour donner une idée exacte des faits, examinons les comptes des compagnies françaises, en commençant par celles qui ont, en apparence, tiré les plus grands profits de l'intensité de trafic constatée depuis deux ans sur leurs lignes, à savoir: le chemin de fer de Paris à Orléans et les chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, qui ont de longs réseaux.

Le trafic du réseau d'Orléans dépassait en 1916 celui d'avant guerre et s'est encore très largement accru pendant 1917.



M. JAVARY

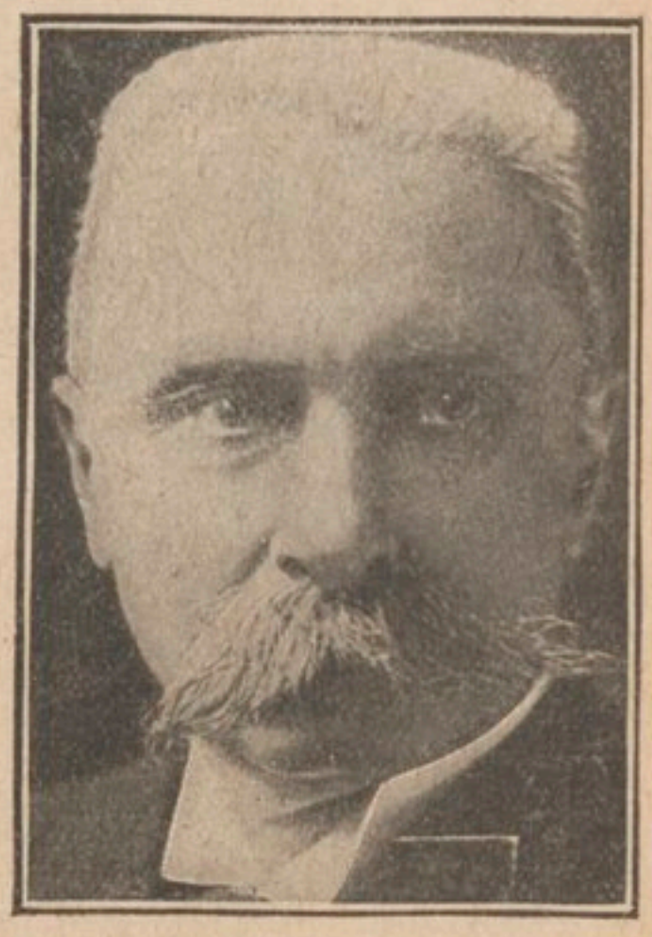
Ingénieur en chef de l'Exploitation du chemin de fer du Nord.

Les recettes brutes du dernier exercice ont atteint 408 millions de francs, en augmentation de plus de cent millions sur les résultats de 1913. Les transports militaires représentent une recette de 89 millions, mais cependant les transports commerciaux de marchandises ont dépassé, en 1917, le total de 1913. Cette dernière plus-value, que l'on estime à 13 % environ, est principalement due à la circulation continuelle de milliers de wagons chargés de produits indispensables: combustibles, bois, pommes de terre, betteraves et vins.

La compagnie ayant supprimé un certain nombre de trains de voyageurs pour diminuer sa consommation de combustible, les recettes procurées par le transport des voyageurs sont inférieures d'environ 7 ½ % à celles d'avant-guerre.

La situation serait, somme toute, satisfaisante si les dépenses n'avaient pas progressé beaucoup plus rapidement que les recettes. Les allocations spéciales au personnel, nécessitées par la cherté de la vie, atteignent, d'après les derniers projets, la somme de 58 millions, et, d'autre part, les améliorations apportées aux salaires principaux et accessoires se traduisent par une dépense supplémentaire dépassant trente millions. On comprend que, dans ces conditions, la plus-value des recettes soit largement absorbée par l'augmentation des dépenses. Cependant, il est intéressant de constater que le produit net d'exploitation de l'exercice 1917, dépassant 130 millions de francs, est supérieur de 3 millions à celui de l'année 1913.

Cette somme est suffisante pour faire face à l'ensemble des charges financières du réseau, qui atteignent presque 128 millions de francs, mais la marge importante qui existait il y a une dizaine d'années s'est progressivement réduite. Aussi la Compagnie d'Orléans qui, autrefois, gagnait facilement les 24 ou 25 millions qu'exige le service de son dividende réservé, ne peut plus effectuer de remboursements au Trésor et elle est retombée, depuis 1910, sous le régime désolant de la garantie d'intérêts. Cet appel au budget est devenu particulièrement important depuis 1914, et, actuellement, la dette de la compagnie envers l'Etat français est déjà de 400 millions.



M. GÉRARDIN

Directeur de la Compagnie des chemins de fer de l'Est.

Les résultats constatés pour le réseau de l'Orléans se présentent avec une exagération proportionnelle à l'importance des lignes exploitées (environ 10.000 kilomètres contre 7.500), sur celui qu'exploite la Compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerrannée. Les recettes de l'exercice 1917 se sont élevées à près de 684 millions, mais la hausse anormale des dépenses s'est poursuivie et a occasionné une diminution considérable du produit net qui est tombé de 240 millions environ en 1916, à 171 millions pour l'an dernier. Notons que ce réseau ne jouit plus de la garantie de l'Etat depuis 1914.

La circulation de nombreux trains de troupes à destination ou en provenance

de la France, de l'Italie, de Salonique, etc. a fait monter le total des transports de la guerre à 160 millions, ce qui représente 23 % des recettes, soit près d'un quart. Cette forte proportion de transports militaires a eu une répercussion importante et défavorable sur la situation financière de la compagnie. En effet, comme nous l'avons exposé plus haut, les tarifs consentis par l'Administration de la guerre sont loin de couvrir les dépenses d'exploitation correspondantes, notamment parce que les déplacements de troupes donnent lieu à des parcours considérables de matériel vide qu'il est impossible d'éviter, contrairement à l'opinion fausse que se fait de cette question une grande partie du public. En effet, si les wagons ayant amené des unités des diverses armes en un certain point du territoire, étaient rechargés de marchandises générales à la gare initiale de retour, ou pendant le parcours, les trains seraient décomposés et leur matériel dispersé ne serait de nouveau disponible en rames complètes pour les transports militaires — qui ne sauraient souffrir aucun délai — qu'au bout d'un laps de temps impossible à prévoir. Ce serait le désordre et l'insuccès certain, par suite de l'arrivée irrégulière aussi bien des hommes que du matériel, des munitions et des vivres, dont le transport rapide et régulier est un élément indispensable à la bonne marche des opérations.

Les seules dépenses afférentes au budget du service des locomotives et des voitures et wagons présentent une augmentation de 49 millions dont 34 correspondent à l'accroissement des dépenses de combustible, ce qui est désastreux.

Les charges financières de la compagnie s'élevant actuellement à plus de 264 millions de francs, l'encaissement du produit net de 171 millions a laissé subsister une insuffisance qui, finalement, a dépassé 94 millions.

M. MANGE

Directeur de la Compagnie du chemin de fer de Paris à Orléans.

Bien autrement difficile est la situation du chemin de fer du Nord qui n'exploitait plus depuis 1914 que la moitié de ses lignes et qui vient d'éprouver récemment de nouvelles pertes. Au lieu des 336 millions de recettes de 1913, qui laissaient 130 millions de produit net et 8 millions d'excédent, toutes charges payées, on a enregistré, en 1917, 285 millions de recettes contre 250 millions de dépenses, avec un produit net de seulement 32 millions vis-à-vis de charges dépassant 124 millions. Aux 272 millions de déficit des années 1914, 1915 et 1916 vient donc s'ajouter une nouvelle insuffisance de 110 millions, d'où une perte totale de 382 millions, qui sera notablement augmentée dans un an, puisque la longueur des lignes exploitées vient encore de diminuer.

M. MAURIS

Directeur de la Compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée.

La garantie de l'Etat ayant pris fin en 1914 pour le Nord, cette compagnie a dû emprunter à 7 % en émettant des obligations, tandis que les réseaux de l'Orléans, de l'Est et du Midi, qui jouissent encore de cette garantie, ne rembourseront leur dette, seulement majorée de ses intérêts simples à 4 %, qu'une fois la guerre finie.

D'ailleurs, les lignes du Nord et de l'Est sont entièrement entre les mains du gouvernement au point de vue de l'exploitation, qui est confiée aux commissions militaires. Les transports de guerre ont fourni, en 1917, 28 millions de recettes à la Compagnie du Nord et 125 millions à celle de l'Est. La situation de ce dernier réseau est, toutefois, un

CARTE D'EUROPE MONTRANT LES PROGRÈS DE L'ÉTATISATION DES RÉSEAUX DE VOIES FERRÉES

Il n'y a plus guère que dans l'Europe occidentale où les chemins de fer d'intérêt général demeurent exploités par des compagnies privées.

peu meilleure, car, jusqu'à fin mai 1918, 3.800 kilomètres sont restés en exploitation sur 5.000. Les recettes de l'exercice 1917 ont atteint 264 millions contre 300 en 1913, mais, près de la moitié de cette somme, soit 127 millions, correspond à des transports militaires. Finalement, on constate une insuffisance de recettes de 66 millions environ qui s'ajoute aux 200 millions de pertes des trois précédents exercices de guerre.

La Compagnie du Midi clôt la série des compagnies françaises avec des résultats qui la constituent en perte de 30 millions pour l'année 1917, somme qui, ajoutée aux insuffisances antérieures, porte à plus de 100 millions la dette actuelle du réseau.

L'Etat a recueilli sur ses lignes des recettes supérieures de 50 millions à celles de 1913 (374 millions au lieu de 324), mais les dépenses ont suivi une marche ascensionnelle qui les a amenées de 277 à 376 millions. La perte correspondant aux exercices de guerre dépasse donc de ce chef 500 millions.

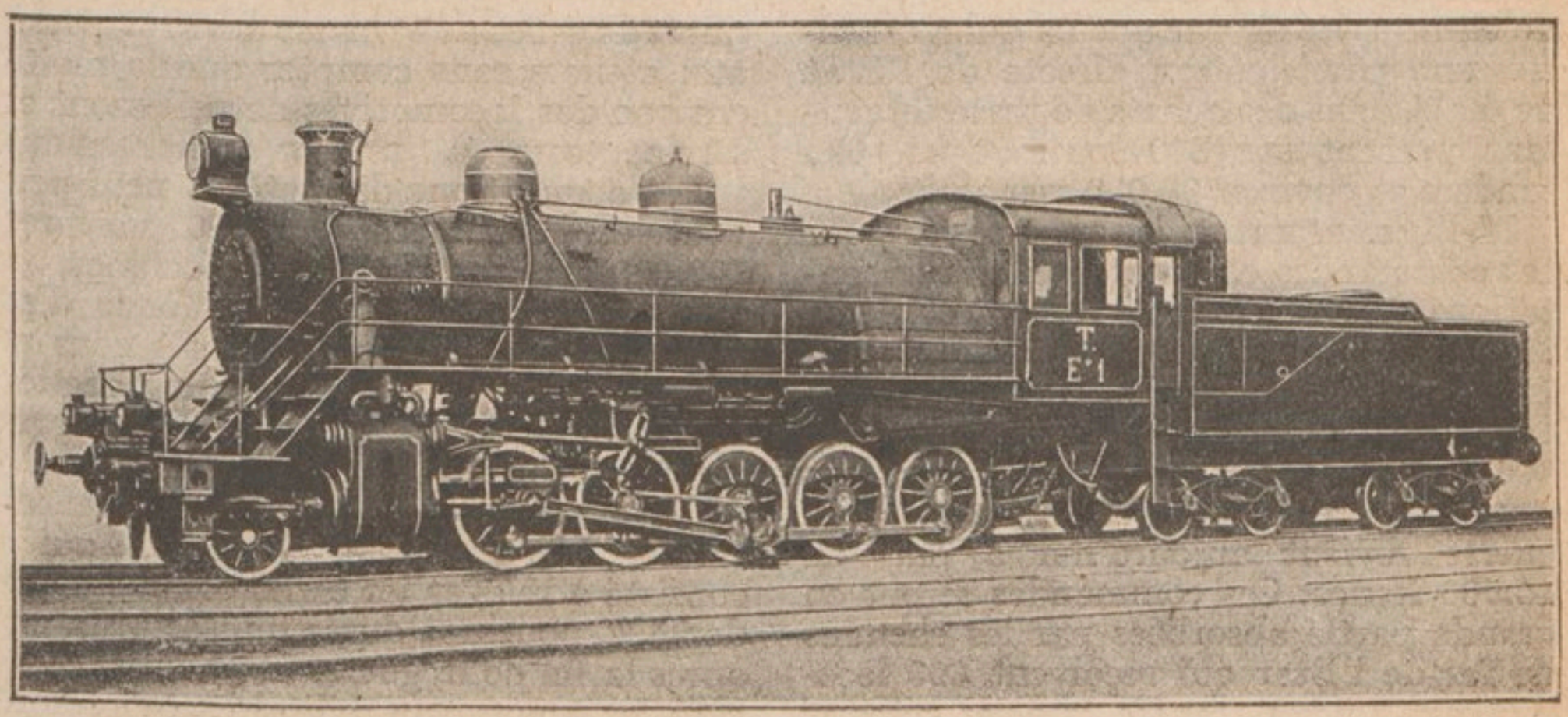
En résumé, les insuffisances totalisées des six grands réseaux français pendant la guerre dépassaient déjà un milliard au 31 décembre 1916 et se sont largement accrues en 1917, malgré une reprise du trafic, évidente surtout en 1917.

M. PAUL

Ingénieur des Ponts et Chaussées, Directeur de la Compagnie des chemins de fer du Midi.

Notons en passant que le gouvernement britannique avait résolu par avance cette importante difficulté en garantissant aux compagnies anglaises un revenu minimum, moyennant quoi elles effectuent gratuitement tous les transports dont l'Etat a besoin. On a pris ensuite une série de mesures dans le but d'améliorer les recettes et de diminuer les dépenses, pour affaiblir les charges gouvernementales. C'est évidemment simple.

Au point de vue de l'effectif et de l'état d'entretien du matériel roulant, la situation des réseaux français a attiré l'attention des pouvoirs publics. Le parc de wagons a été diminué, en 1914, de 52.000 unités, qui ont été prises par l'ennemi, alors que 3.000 wagons allemands seulement restaient entre nos mains. La fatigue du matériel restant a été accrue de ce fait, car les parcours kilométriques des trains et, par conséquent, des véhicules, ont sensiblement augmenté en quatre ans.



LOCOMOTIVE CONSTRUITE AUX ÉTATS-UNIS POUR LE COMPTE DE L'ÉTAT RUSSE

Quelques-unes de ces puissantes machines sont sans doute tombées aux mains des Allemands, mais il sera difficile de les transformer en vue de leur utilisation sur les chemins de fer de l'Empire puisqu'elles sont construites pour rouler sur les voies russes à grand écartement.

D'autre part, les transports militaires usent rapidement le matériel. Avant la guerre, les réseaux français avaient à peu près 1.600 locomotives et 15.000 wagons constamment présents dans les ateliers où s'effectuent les grandes réparations.

En 1917, 2.150 machines et 26.000 véhicules de petite vitesse étaient régulièrement immobilisés de ce fait.

Or, les compagnies de chemins de fer ne disposent plus de leurs ateliers de réparations, qui ont été transformés en vue de la fabrication intensive des obus. La remise en état du matériel avarié a donc lieu dans des usines privées et les achats de locomotives ou de wagons neufs en France sont suspendus, puisque nos constructeurs travaillent tous pour le ministère de la Guerre. Certains d'entre eux, dont les usines sont situées en territoire envahi, se sont même vus réduits à l'inaction la plus complète.

Avant la guerre, les compagnies françaises achetaient en moyenne 575 locomotives et 16.000 wagons par an, soit en France, soit à l'étranger.

Il a fallu qu'en 1917 le gouvernement intervienne auprès des grands réseaux de chemins de fer par une loi qui a consacré une participation directe de l'Etat de 40 % dans des achats de matériel roulant portant sur 830 locomotives, 690 tenders et environ 33.000 wagons.

Malheureusement, les prix payés pour ces commandes comportent des augmentations s'élevant jusqu'à 155.000 et même 226.000 francs par locomotive et à environ 10.000 francs par wagon. Rien que sur ce dernier article, la France paiera donc 300 millions de hausse, car un wagon couvert qui coûtait 5.000 francs avant la guerre revient aujourd'hui à plus de 15.000 francs. Ces commandes seront en grande partie absorbées par les chemins de fer de l'Etat qui reçoivent 300 locomotives neuves, tandis que les réseaux d'Orléans et de Paris à Lyon et à la Méditerranée en commandent chacun 220. De même l'Etat prend 10.000 wagons et les deux compagnies précitées, respectivement 6.400 et 8.700. Il est à remarquer que le réseau de l'Est a pu se passer de machines neuves pour la double raison que ses transports commerciaux ont considérablement diminué et que ses prévisions d'avant-guerre, très largement conçues, l'avaient mis en possession d'un parc important de puissantes locomotives de construction toute récente.

M. DE BREITENBACH
Ministre des Travaux publics prussien et chef de l'Office de l'administration des chemins de fer allemands.

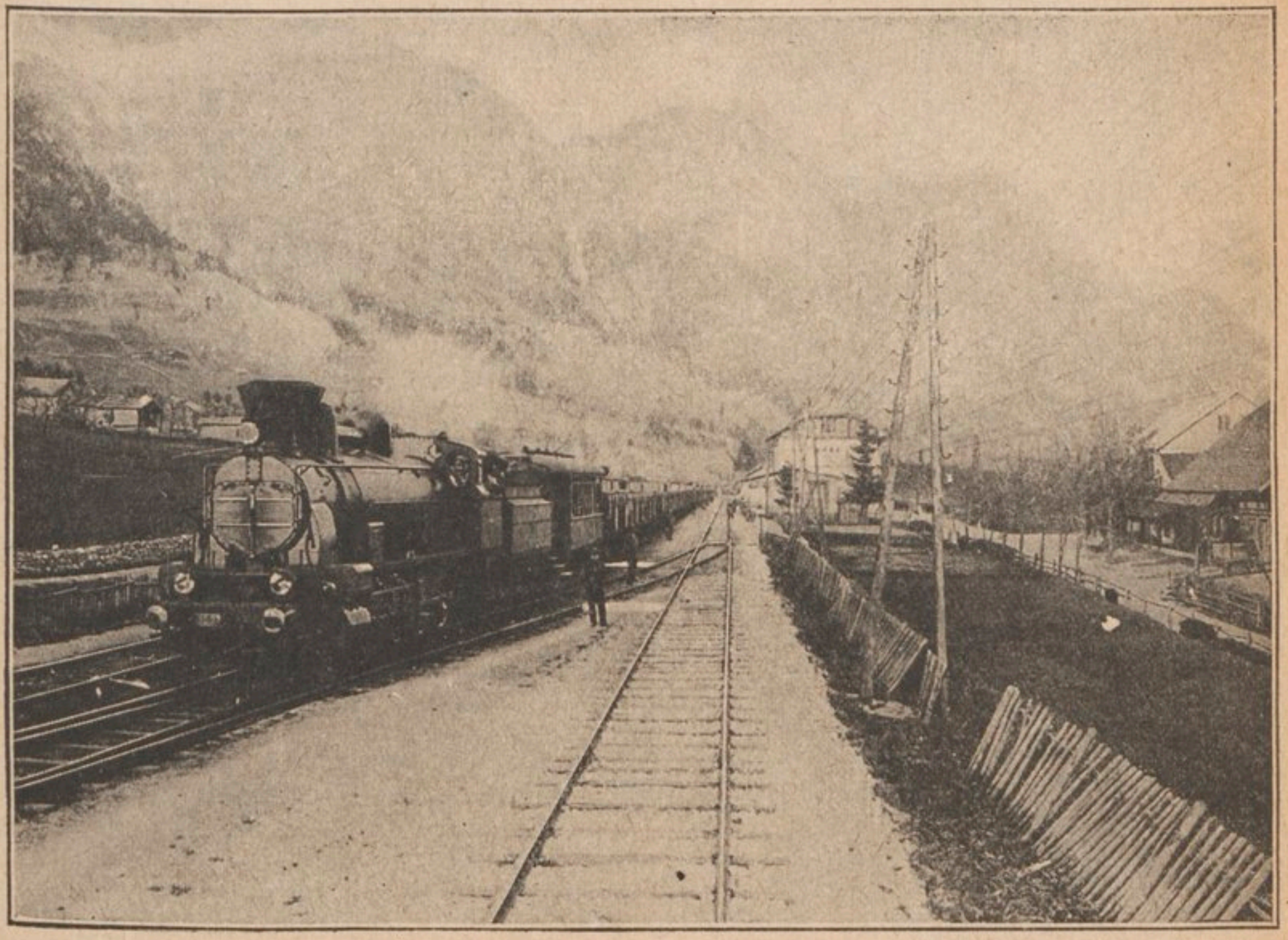
On conçoit que, dans ces conditions, l'industrie des chemins de fer ait besoin d'être aidée par un moyen quelconque. Le produit moyen kilométrique a diminué d'environ 30 % de 1882 à 1912, aussi bien pour le trafic des voyageurs que pour le transport des marchandises, qui a été ramené de 5 centimes 79 à 4 centimes 90. De plus, le parc du matériel roulant est très diminué. Les compagnies françaises possédaient, avant la guerre, 12.000 locomotives, 32.500 voitures à voyageurs et 390.000 wagons. On peut estimer qu'à la fin des hostilités, il ne leur restera guère plus de 10.000 locomotives, 30.000 voitures à voyageurs et 300.000 wagons. La plupart des voitures de 1re classe sont à réparer ; la moitié des voitures de 2e classe et le quart de celles de 3e classe devront passer aux ateliers, sans compter que la moitié environ des locomotives actuellement en service sera à réviser sérieusement.

Les acquisitions de matériel neuf peuvent être estimées à 5.000 voitures, 100.000 wagons et 3.000 machines, ce qui représente une mise de fonds d'au moins quinze cents millions. Et nous ne pouvons chiffrer les dépenses de réfection des voies et des gares qui se monteront certainement à plusieurs milliards.

On a adopté en France une solution tardive, incomplète et provisoire, qui a consisté à relever les tarifs commerciaux de 25 % pour une durée limitée à six ans après la fin de la guerre et en laissant de côté les transports militaires, qui feront l'objet d'une entente spéciale. Cette augmentation a commencé à fonctionner le 15 avril 1918, après le vote d'une loi dont M. Henry Roy fut le rapporteur devant la

Chambre des députés. Le public a été le premier à en comprendre la nécessité.

Les compagnies considèrent ce remède à la situation comme tout à fait insuffisant, car l'augmentation de recettes que produira le relèvement des tarifs ne sera pas sans doute aussi considérable que l'on croyait. En effet, les affaires ont diminué d'intensité depuis mars 1918 et les transports militaires absorbent à



TRAIN MILITAIRE PHOTOGRAPHIÉ A LA STATION DE BRAZ, SUR LA LIGNE DE L'ARLBERG, DES CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT AUTRICHIEN

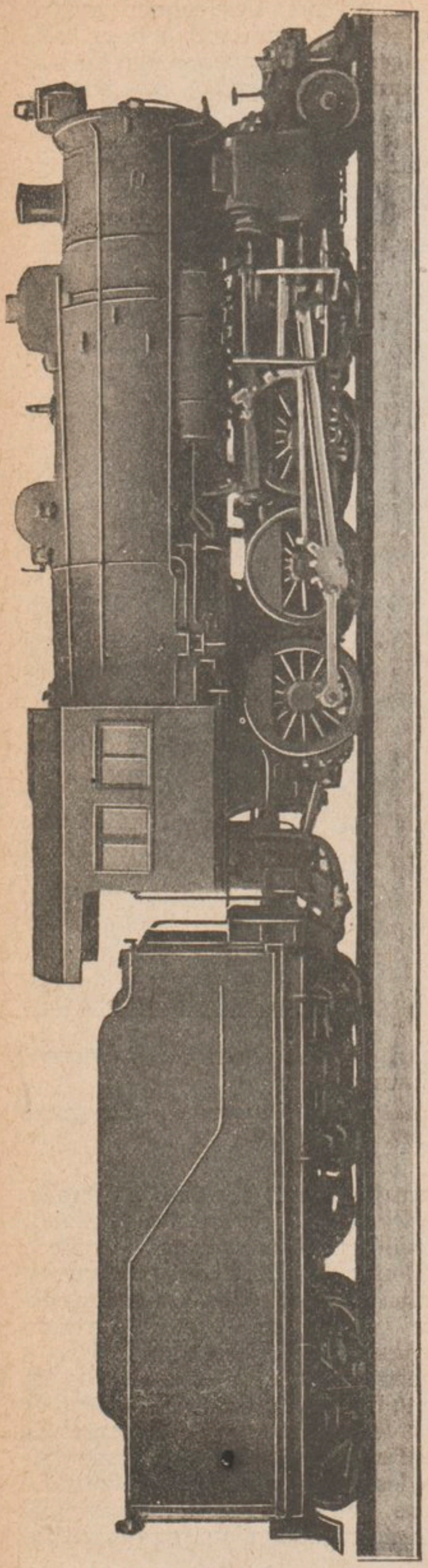
Cette voie importante dessert Innsbruck, d'où part un embranchement militaire construit depuis la guerre et qui se dirige vers le front du Trentin, vià Franzesfeste.

certains moments, surtout lors des offensives, toute l'activité de nos réseaux.

D'ailleurs, les sommes ainsi recueillies ne permettront pas de solutionner, en ce qui concerne l'Est et le Nord, le difficile problème des dommages de guerre. Parmi les moyens proposés dans ce but, on peut citer la reprise des chemins de fer par l'Etat, la participation de celui-ci aux dépenses nouvelles de premier établissement nécessitées par la réfection des lignes et par les perfectionnements dont elles auront besoin pour être mises à hauteur du futur trafic. Enfin, on a également proposé la révision des conventions en vigueur, révision qui aurait pour effet de prolonger les concessions afin de permettre aux compagnies de pouvoir amortir des emprunts nouveaux.

Nous ne disposons pas de la place nécessaire pour examiner ici en détail ces diverses solutions. Cependant, l'une d'elles a fait l'objet d'âpres discussions et un grand nombre de personnes insuffisamment informées des choses des chemins de fer ont une dangereuse tendance à la considérer comme devant fournir le moyen d'enrichir l'Etat tout en donnant satisfaction au public, généralement hostile aux grandes compagnies d'exploitation comme à tous les monopoles.

Le rachat général des chemins de fer par l'Etat engloberait dans le budget de la nation les recettes et les dépenses de nos voies ferrées. Ce serait une bonne opération si les résultats devaient être meilleurs que ceux de l'actuel réseau de l'Etat dont les pertes n'ont jamais pu être



LOCOMOTIVE SERVANT ACTUELLEMENT A LA REMORQUE DE TRAINS MILITAIRES EN FRANCE

Ces machines, du type dénommé « Consolidation », ont été construites par les puissants ateliers Baldwin, à Eddystone-Philadelphie, sur le modèle des machines à marchandises du réseau de Pensylvanie. D'ailleurs, des locomotives semblables circulaient déjà en France.

enrayées. C'est une des grosses questions techniques à l'ordre du jour en France.

D'ailleurs, les conséquencs défavorables de la guerre actuelle sur l'industrie des chemins de fer d'intérêt général ne se sont pas manifestées qu'en France.

On peut dire que le phénomène de décroissance des produits nets, signalé plus haut, s'est généralisé dans le monde entier, aussi bien chez nos ennemis que parmi les peuples rattachés directement ou indirectement à l'Entente et chez les neutres, ainsi qu'au delà des mers.

A plusieurs reprises, des députés ont fait entendre au Reichstag des plaintes et d'amères critiques relativement à la situation des réseaux allemands. L'intervention du président de l'assemblée empêche toujours l'orateur de donner des chiffres à l'appui de sa thèse, et il doit couper court à ses observations en terminant rapidement son discours par un couplet patriotique. Les augmentations de tarifs votées en Allemagne témoignent d'ailleurs de l'insuffisance des recettes vis-à-vis des augmentations de dépenses et le parc de matériel est, paraît-il, chez nos ennemis, dans un état d'insuffisance très net. Cependant, il est à noter que les chemins de fer allemands qui, avant la guerre, commandaient annuellement en moyenne 1.000 locomotives et 30.000 wagons, non seulement n'ont pas suspendu leurs constructions, mais les ont même considérablement augmentées depuis 191[illegible].

D'ailleurs, l'Allemagne a suivi, en matière de chemins de fer, la même méthode de rapine qu'en ce qui concerne les industries privées. Elle a pu ainsi s'annexer 52.000 wagons pris à la France ainsi que des quantités considérables de véhicules belges, serbes, roumains. On sait que les voies russes ayant un écartement de rails supérieur à celui des lignes allemandes, le matériel pris en Pologne et dans les autres pays de l'empire ne peut circuler sur les réseaux de l'Europe centrale qu'après un changement d'essieux. La même méthode a procuré aux Allemands des rails, et, en général, une grande quantité de matériel fixe. De même les chemins de fer vicinaux belges à voie étroite ont été presque totalement démontés pour servir à l'organisation des voies militaires desservant le front allemand, en France et en Russie.

Les lignes russes sont, généralement, en très mauvais état et à la fin de décembre 1917, le nombre des locomotives à

réparer dépassait 6.000. Le rendement des usines en locomotives neuves était tombé de 75 par mois en 1915 à 50 en 1916 et à 33 en 1917, soit 400 par an, alors que la capacité de production des usines russes était de 1.250 avant la guerre.

Nous avons fait établir une carte d'Europe (page 6) qui permet de se rendre compte d'un seul coup d'œil des progrès qu'a faits depuis quelques années la doctrine de l'exploitation des chemins de fer par l'Etat aussi bien en France qu'ailleurs.

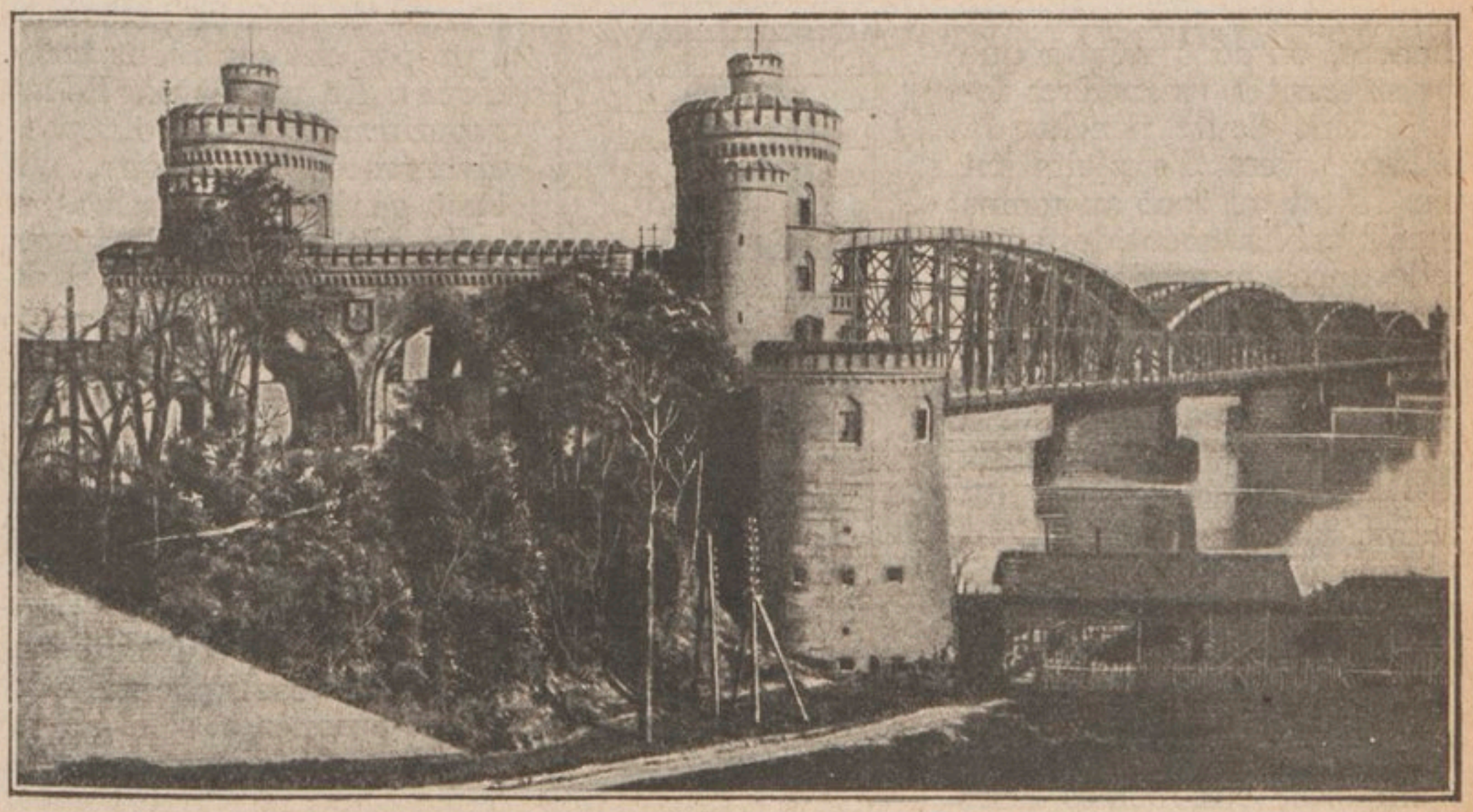
Dans toute l'Europe orientale et centrale, on ne trouve presque plus de compagnies privées exploitant des chemins de fer, sauf en Autriche, où la Compagnie dite du Sud de l'Autriche (Sudbahn) exploite un groupe assez important de lignes reliant Vienne à Innsbruck, Trente et Ala, Trieste et Agram et Budapest.

En Turquie, même, la Compagnie des chemins de fer orientaux est complètement sous la domination de l'Etat.

Le principe de l'exploitation par les compagnies est, au contraire, largement représenté dans les pays de l'Entente, et encore faut-il établir à ce sujet quelques distinctions. En Angleterre, le gouvernement n'exploite pas de chemins de fer, tandis qu'en France, un réseau d'Etat s'est constitué successivement par voie de rachat de diverses compagnies secondaires et de l'ancien Ouest. La Belgique, l'Italie, la Roumanie, la Serbie ne possèdent, au contraire, que des réseaux d'Etat provenant ou non de rachats.

Parmi les neutres, l'Espagne représente le système des compagnies, tandis que la Suisse a racheté tous ses chemins de fer, sauf certaines petites entreprises de funiculaires et de voies électriques établies en montagne. La Hollande s'est arrêtée à un système mixte, et elle a des chemins de fer d'Etat exploités soit par le gouvernement, soit en régie intéressée par des compagnies privées spéciales.

En résumé, l'étatisation des chemins de fer est en progrès, bien que l'on puisse constater dans certains pays des tendances vers l'exploitation en régie, par des compagnies privées constituées à cet effet, de réseaux appartenant à l'Etat. Une autre tendance se manifeste en sens contraire vers la possession et l'exploitation des chemins de fer par le gouvernement dans le but de créer des ressources aux futurs budgets d'après-guerre, qui seront gonflés outre mesure par le service des intérêts des emprunts contractés pendant les hostilités, chez nous et ailleurs.



PONT MONUMENTAL DE CHEMIN SUR LE RHIN, A MAYENCE

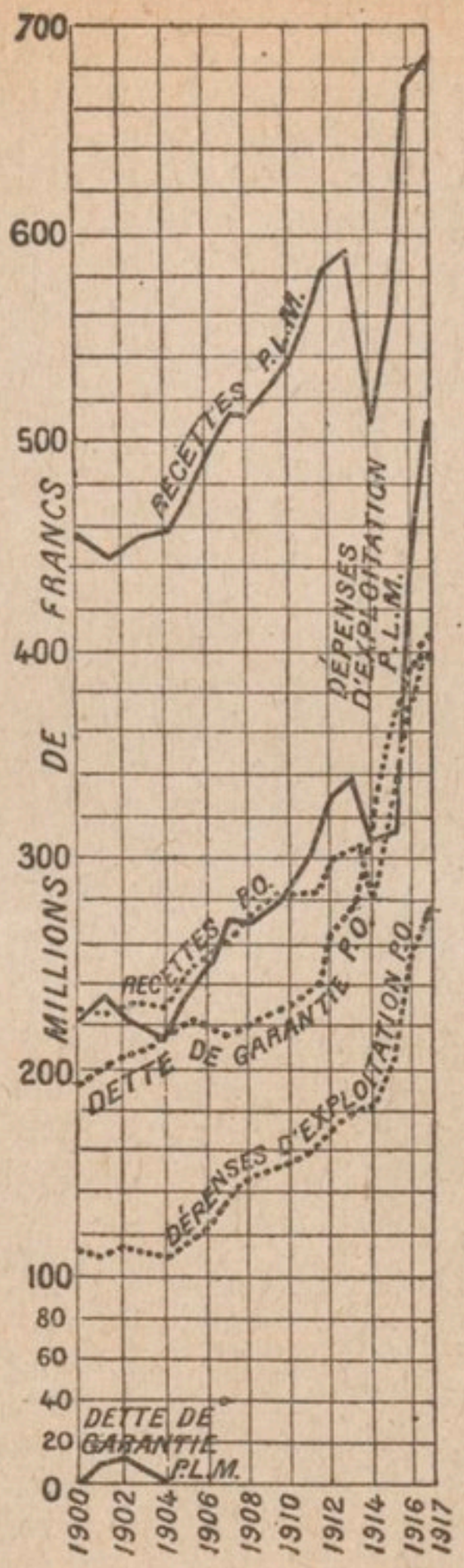
Cet ouvrage d'art fournit un saisissant exemple des ponts modernes construits par l'administration des chemins de fer allemands sur les principaux cours d'eau de l'Empire. Les tours d'architecture militaire semblent avoir été édifiées pour servir, le cas échéant, de têtes de ponts fortifiées contre l'ennemi héréditaire « Erbfeind ». D'ailleurs, ce pont a reçu le nom d' « Hohenzollern », ce qui est un symbole.

En dehors de l'Europe même, les Etats-Unis, qui possèdent le plus grand réseau ferré du monde, viennent de passer brusquement au régime de l'exploitation par l'Etat, qui fait suite à une longue période de liberté plus ou moins absolue, dont les inconvénients ont été mis plus en relief par la guerre.

Sans prendre parti dans une discussion qui a fait verser et qui fera sans doute encore verser des tonneaux d'encre, on peut prévoir que les nécessités financières feront sans doute pencher la balance vers l'exploitation par l'Etat ou tout au moins vers l'établissement de fortes redevances au profit des caisses gouvernementales. Les compagnies privées qui se chargeraient de services en régie ne seraient plus guère placées vis-à-vis des Etats respectifs, propriétaires des réseaux, que dans des situations analogues à celle de la Compagnie du gaz de Paris, qui verse à la Ville des annuités proportionnelles considérables.

Peu nombreux sont les Etats qui ont eu à se louer d'exploiter eux-mêmes leurs chemins de fer. Il faut, pour obtenir partout de bons résultats en cette matière, réaliser des exploitations véritablement économes, éviter les frais généraux inutiles, réduire le coulage au minimum et enfin, par-dessus tout, organiser des services de comptabilité permettant d'obtenir des prix de revient réels exacts et très détaillés, ce qui est fort difficile, sinon impossible.

Jusqu'à présent, on a considéré comme irréalisable l'unification — ou pour employer un terme plus moderne : la standardisation — des modèles de locomotives et de véhicules en service sur les chemins de fer français. Il est évident que cette mesure ne serait guère possible qu'au cas où l'Etat se déciderait à racheter tous les réseaux. On réaliserait alors une économie certaine par suite de la suppression des différences qui existent entre les cotes des éléments des machines et du matériel roulant. Les bandages de roues, les essieux, etc., pourraient ainsi être commandés par séries, ce qui en diminuerait notablement le prix de revient.



GRAPHIQUES FINANCIERS DES COMPAGNIES FRANÇAISES DU P.-L.-M. ET DU P.-O. (DE 1900 A 1917).

On voit que les recettes ont suivi depuis 1915 une marche ascendante nettement accentuée, mais les dépenses ont augmenté dans des proportions telles que les produits nets ont fortement diminué et sont insuffisants.

On s'est heurté, jusqu'ici, en cette matière, à des impossibilités, plus apparentes que réelles, ayant principalement pour cause le défaut d'unité de vues du personnel à propos des questions techniques. Le rachat par l'Etat supprimerait ces coûteuses divergences d'opinions, s'il était général et complet.

En effet, un des principaux arguments des adversaires de la standardisation du matériel des voies ferrées repose sur une fausse interprétation de ce qui s'est passé en Allemagne. On sait que tous les réseaux allemands appartiennent à l'Etat, mais les voies ferrées des petites puissances confédérées telles que la Bavière, la Saxe, le Wurtemberg, etc., ne sont pas la propriété de l'Etat prussien et sont gérées par des administrations spéciales à peu près autonomes.

Il résulte de cet état de choses que les locomotives bavaroises ne sont pas exactement pareilles à celles des chemins de fer badois, ni à celles de l'Etat prussien. La standardisation n'a donc pas produit en Allemagne tous les avantages qu'elle serait capable de fournir en France si elle était appliquée à un réseau d'Etat unique dont chaque grand service serait géré par un seul chef particulier, responsable de tout l'ensemble des grandes lignes desservant le pays.

Notons, en terminant, que le Gouvernement français vient d'instituer, auprès du Ministère du Commerce, une Commission permanente de standardisation chargée d'unifier les machines et leurs éléments. Espérons que les résultats seront rapides.

PAUL GERBERT.

POUR APPRENDRE AUX AVIATEURS A REPÉRER DES BATTERIES EN ACTION

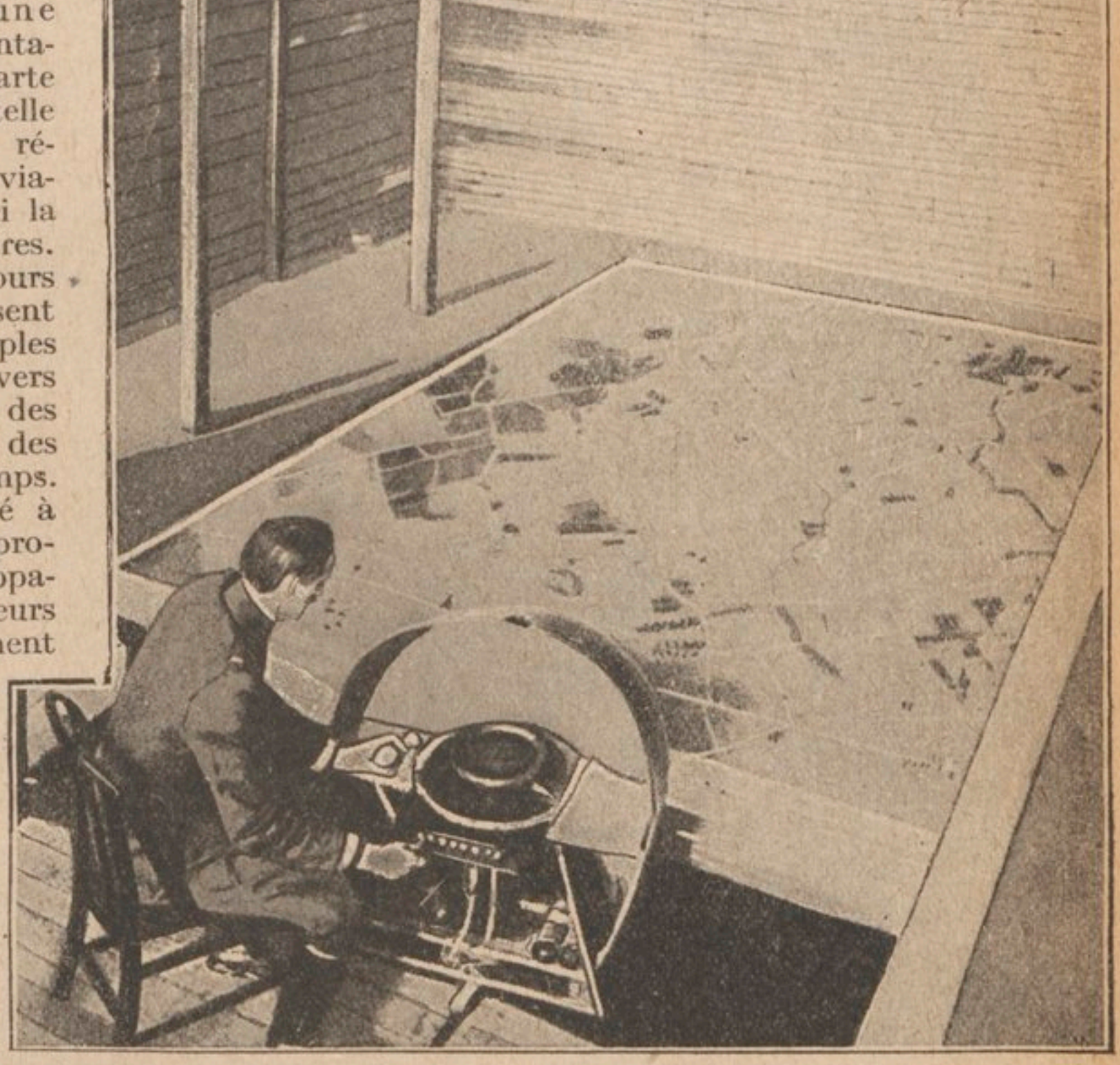
Entrée la dernière et tard dans le conflit mondial, l'Amérique est obligée, pour en hâter la fin, de mettre les bouchées doubles. Une grande part de son effort s'est portée sur l'aviation et, dans les derniers jours de mai, M. Baker, ministre de la Guerre, annonçait que 2.500 aéroplanes allaient pouvoir être expédiés en France.

Pour hâter en même temps l'instruction des aviateurs, pour les habituer à une vision rapide des phénomènes divers de guerre qu'ils ont mission de surprendre et de transmettre, pendant le vol, on a imaginé le dispositif suivant : on place les élèves à cinq ou six mètres au-dessus d'une carte disposée horizontalement, mais cette carte est à une échelle telle qu'elle représente la région à surveiller par l'aviateur, comme si celui-ci la survolait à 2.000 mètres.

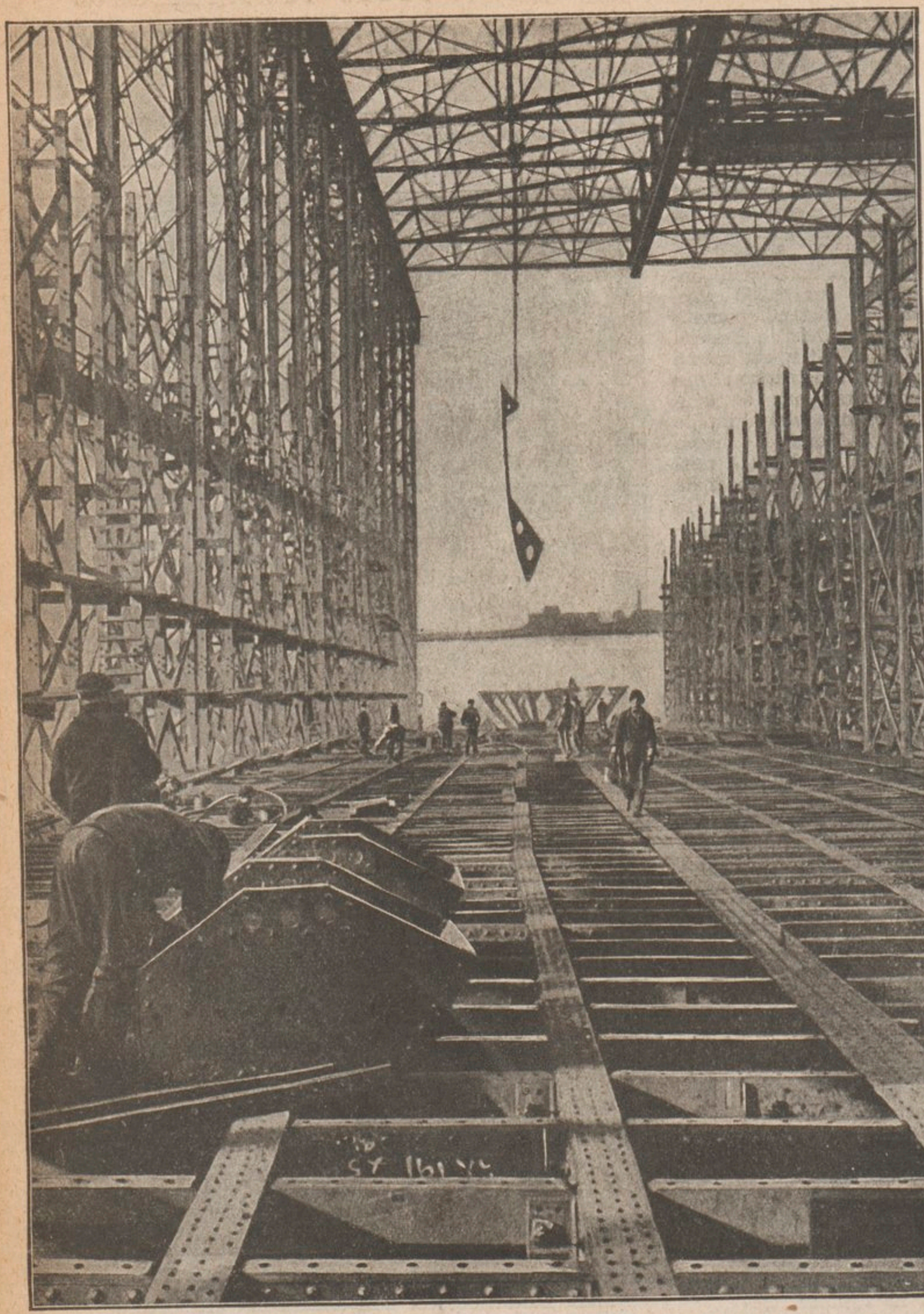
Les routes et les cours d'eau n'y apparaissent que comme de simples filets blancs à travers les taches sombres des bois ou plus claires des prairies et des champs.

Un opérateur placé à côté de cette carte y projette, à l'aide d'un appareil électrique, des lueurs qui éclairent subitement différents points choisis au hasard. A l'endroit de la carte ainsi illuminé, on suppose qu'une batterie d'artillerie vient de révéler sa présence par la flamme de ses canons. L'élève doit repérer instantanément, sur la carte qu'il a sous les yeux, l'emplacement de la batterie et la signaler télégraphiquement à l'opérateur qui chronomètre le temps mis à cette communication. Si, au bout d'un certain temps, l'élève n'a pas obtenu la rapidité de vision et de transmission voulue, on le déclare inapte au service d'observateur.

Grâce à ce travail préparatoire, l'aviateur américain, quand il arrive sur le vrai terrain de l'action, est déjà familiarisé avec les difficultés et les surprises du champ de bataille.



UN MOYEN MÉCANIQUE DES PLUS INGÉNIEUX EST EMPLOYÉ POUR HATER L'INSTRUCTION DES AVIATEURS AMÉRICAINS



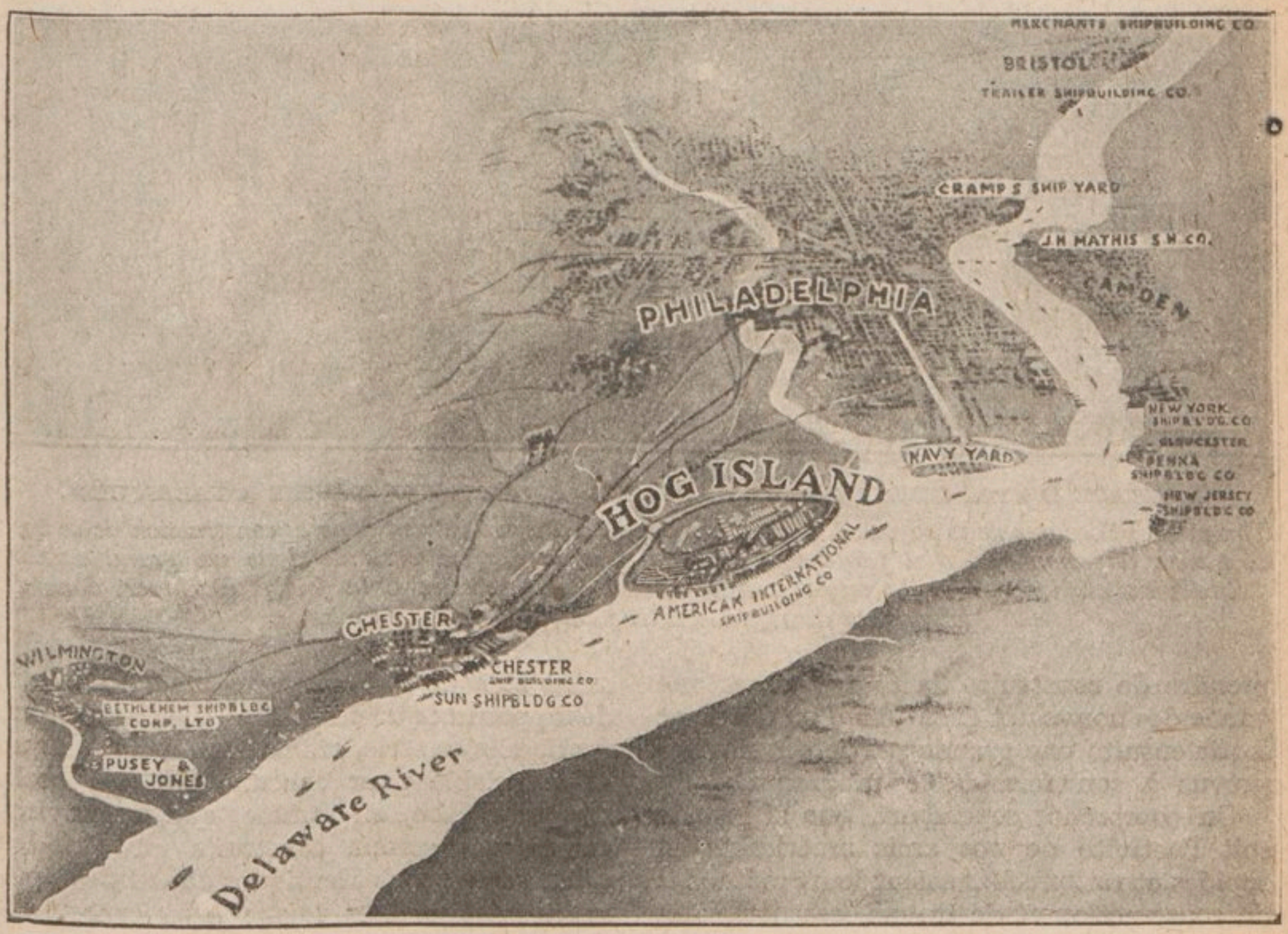
LE FOND ET LES PAROIS D'UN BATEAU EN CONSTRUCTION A HOG ISLANG

L'aspect de ce navire en chantier peut surpendre, mais il s'agit ici d'un type inusité reproduit à plusieurs centaines d'exemplaires et dont toutes les pièces sont fabriquées en série.

UN CHANTIER GÉANT DE CONSTRUCTIONS MARITIMES

Par Francis GUILLARD

CENT VINGT navires de commerce dont cinquante de 7.500 tonneaux et soixante-dix de 8.000, soit au total 935.000 tonneaux, tel est le programme que l'*American International Shipbuilding Corporation* s'engagea, il y a quelques mois, à réaliser pour venir en aide au gouvernement américain, représenté en la circonstance par un organisme appelé *Shipping Board*. C'est sans doute, pense-t-on, que cette corporation était une organisation colossale, disposant d'immenses ressources de tout genre, tant en capitaux qu'en main-d'œuvre et cales de construction ? Erreur, cette compagnie n'existait pas, même sur le papier, à l'époque où le Shipping Board, lui-même nouvellement créé, cherchait à réaliser le formidable programme de constructions neuves qu'il venait d'élaborer sous la pression de la guerre sous-marine sans merci intensifiée par l'Allemagne, et pour donner plus de poids à l'intervention des Etats-Unis aux côtés des Alliés. Mais si l'American International Shipbuilding Corporation n'existait pas, l'American International Corporation, tout court, existait depuis quelque temps, née elle-même de la guerre et pour aider à la guerre. Ce fut celle-ci qui créa l'autre ; c'était résoudre la question au point de vue du personnel qui allait être

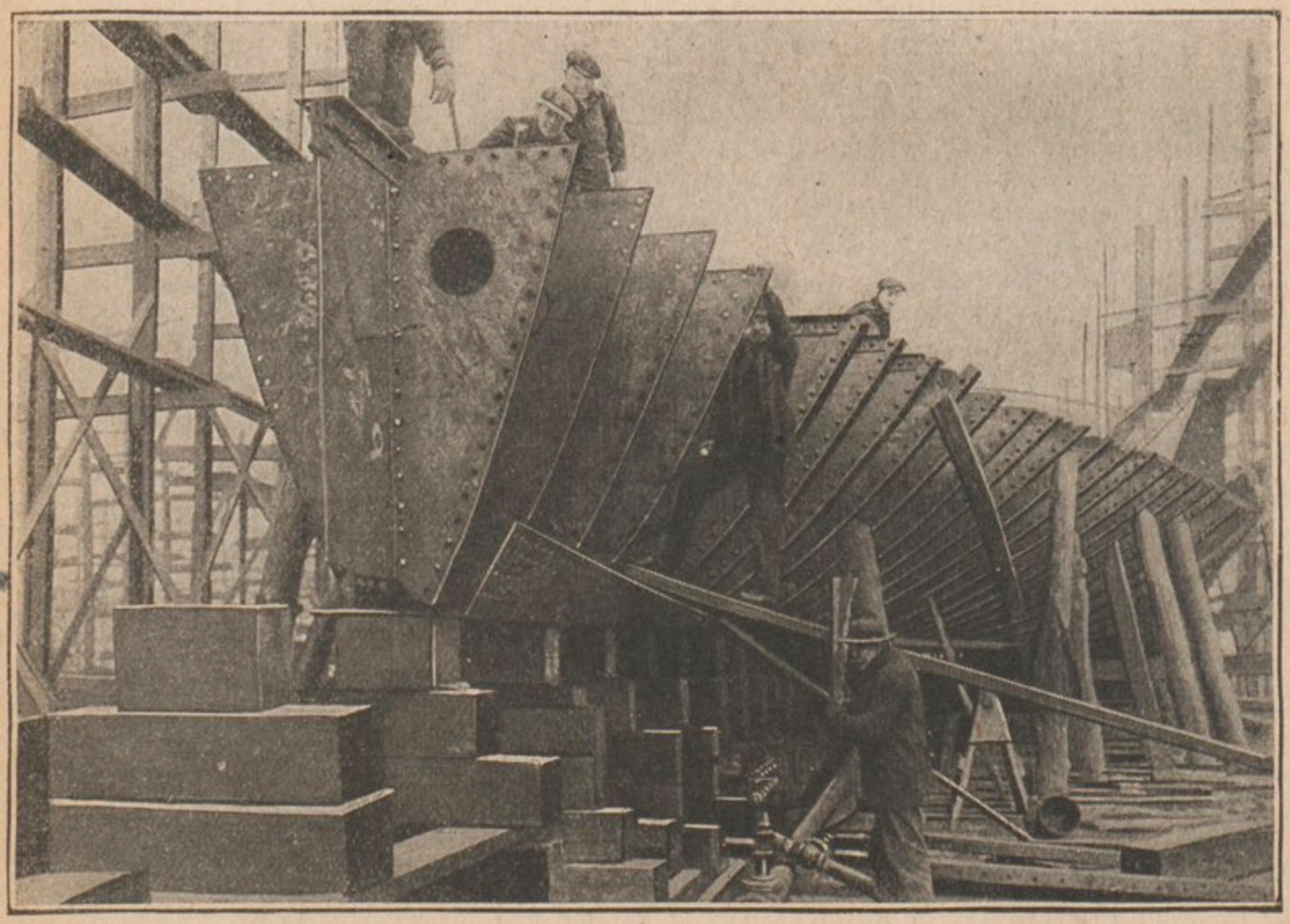


LE CHANTIER DE HOG ISLANG, DANS L'ILE DU MÊME NOM, PRÈS DE PHILADELPHIE

Ce chantier se trouve au cœur même d'un des centres industriels les plus considérables des Etats-Unis, sur la rivière Delaware (Carte communiquée par « The National Marine », de New-York).

appelé à accomplir, sous la haute direction de l'amiral Francis T. Bowles, ancien directeur des Constructions navales de la marine des Etats-Unis, l'une des plus lourdes taches qui aient jamais été entreprises, mais cela ne procurait aucun des moyens matériels nécessaires. Or, aucun chantier existant de constructions maritimes n'était, on le conçoit, disponible, surchargé de travail comme ils l'étaient déjà tous, et le Shipping Board, ou mieux l'Emergency Fleet Corporation, son organe actif, devait lui-même entreprendre de construire de toutes pièces une partie des nouveaux chantiers d'où devaient sortir ensuite une grande partie des navires prévus à son formidable programme.

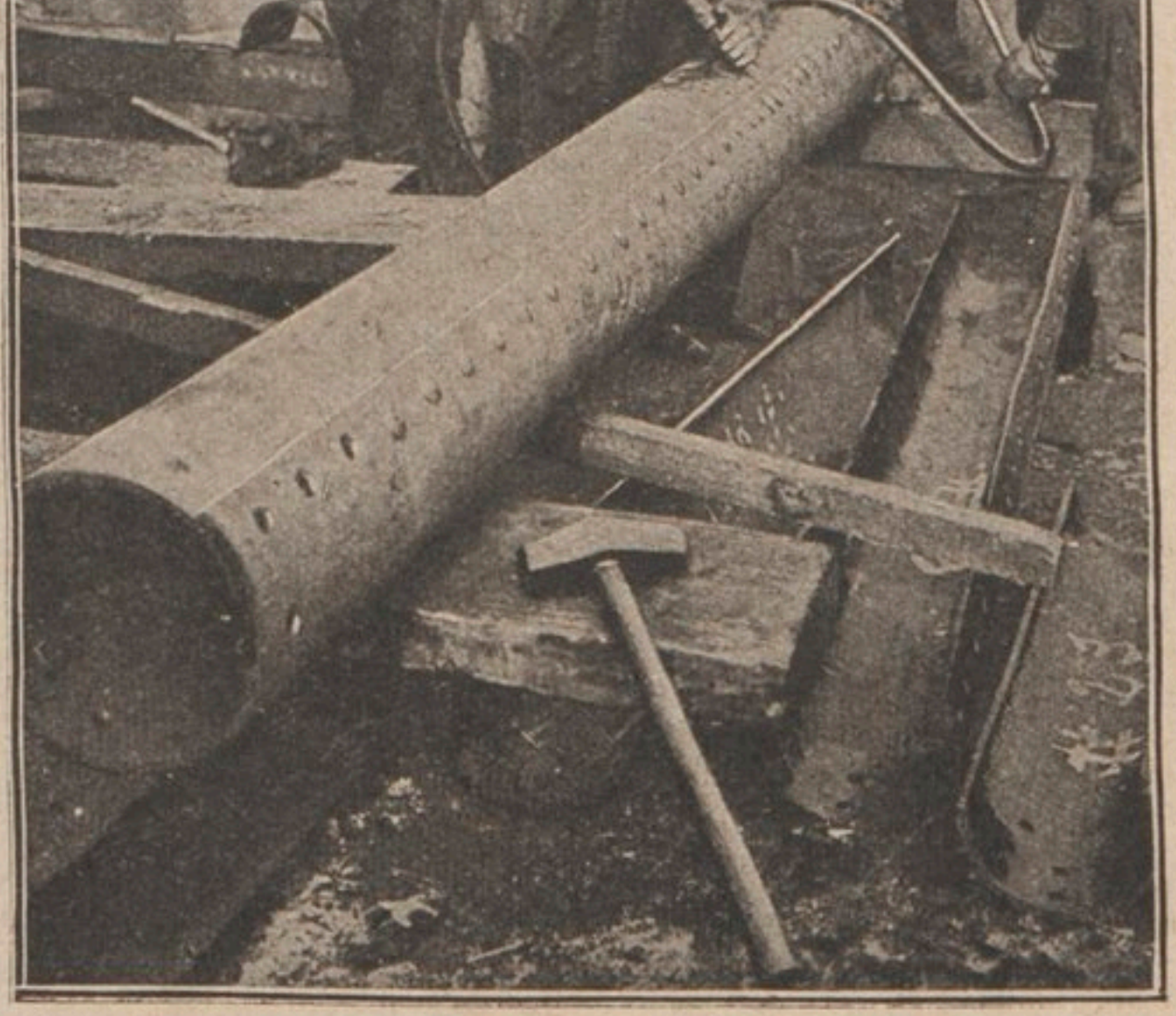
On comprend, cependant, que si grande soit l'activité de nos amis américains, si rapides et rationnelles soient leurs méthodes de construction et de travail, ces nouveaux chantiers ne pouvaient sortir de terre en l'espace d'une nuit et que, par conséquent, le temps dépensé à les bâtir ne pouvait que retarder l'exécution du programme de constructions neuves, si la construction des bâtiments eux-mêmes devait, pour être commencée, attendre l'achèvement des cales. Et c'est ici qu'apparaissent dans toute leur ampleur le sens pratique de nos alliés d'Amérique et la hardiesse des solutions qu'ils trouvent aux problèmes qui ne peuvent être résolus par les méthodes classiques : les navires de commerce qui sortiront des nouveaux chantiers, et notamment de ceux de l'American International Shipbuilding Co. seront des bâtiments dont toutes les pièces, aussi bien de la coque, des aménagements, des apparaux que celles des machines, seront fabriquées en série, suivant un modèle unique et invariable pour chacune d'elles ; cela revient à dire, en somme, que les navires eux-mêmes seront construits en série et qu'ils seront tous identiques dans leur apparence comme dans toutes leurs caractéristiques. Le chantier devient ainsi un atelier ou mieux une cale d'assemblage et non un établissement de construction. Les Américains ont baptisé ces navires « navires fabri-



MONTAGE DE LA QUILLE ET AMORCES DES COUPLES DU NAVIRE « FABRIQUÉ »

Toutes les pièces que nous voyons ici, ainsi que toutes celles qui entrent dans la construction de ce type de navire de commerce, sont fabriquées en série et sans aucune variante dans un grand nombre d'établissements industriels du pays, ce qui permet d'entreprendre à la fois et d'achever, dans un temps très court, la construction de véritables flottes.

qués » ; le navire fabriqué est au navire construit sur des plans spéciaux ce qu'est l'automobile en série à celle construite sur commande. Leurs plans sont extrêmement simplifiés ; tout ce qui n'était pas rigoureusement indispensable a été supprimé. Les pièces courbes ont été éliminées chaque fois qu'il était possible de le faire; des barrots en profilés du commerce furent substitués aux barrots à profils spéciaux. Les ponts n'ont pas de tonture, c'est-à-dire sont plats comme ceux d'un cuirassé au lieu d'être un peu relevés aux extrémités. Les murailles sont rigoureusement verticales et droites, le fond est plat. La section au maître-couple est donc exactement rectangulaire et ne comporte comme arrondis que les raccords du fond avec la quille. Des navires construits de la sorte ont, évidemment, un exposant de charge considérable. D'autre part, on y a multiplié les cloisons étanches pour accroître la sécurité. Les essais effectués dans le bassin d'expériences du gouvernement avec un modèle réduit de navire « fabriqué » ont montré que ce type de bâtiment pourrait, sous le rapport de la vitesse et de la consommation, soutenir la comparaison avec n'importe quel navire de construction normale sortant d'un chantier renommé.

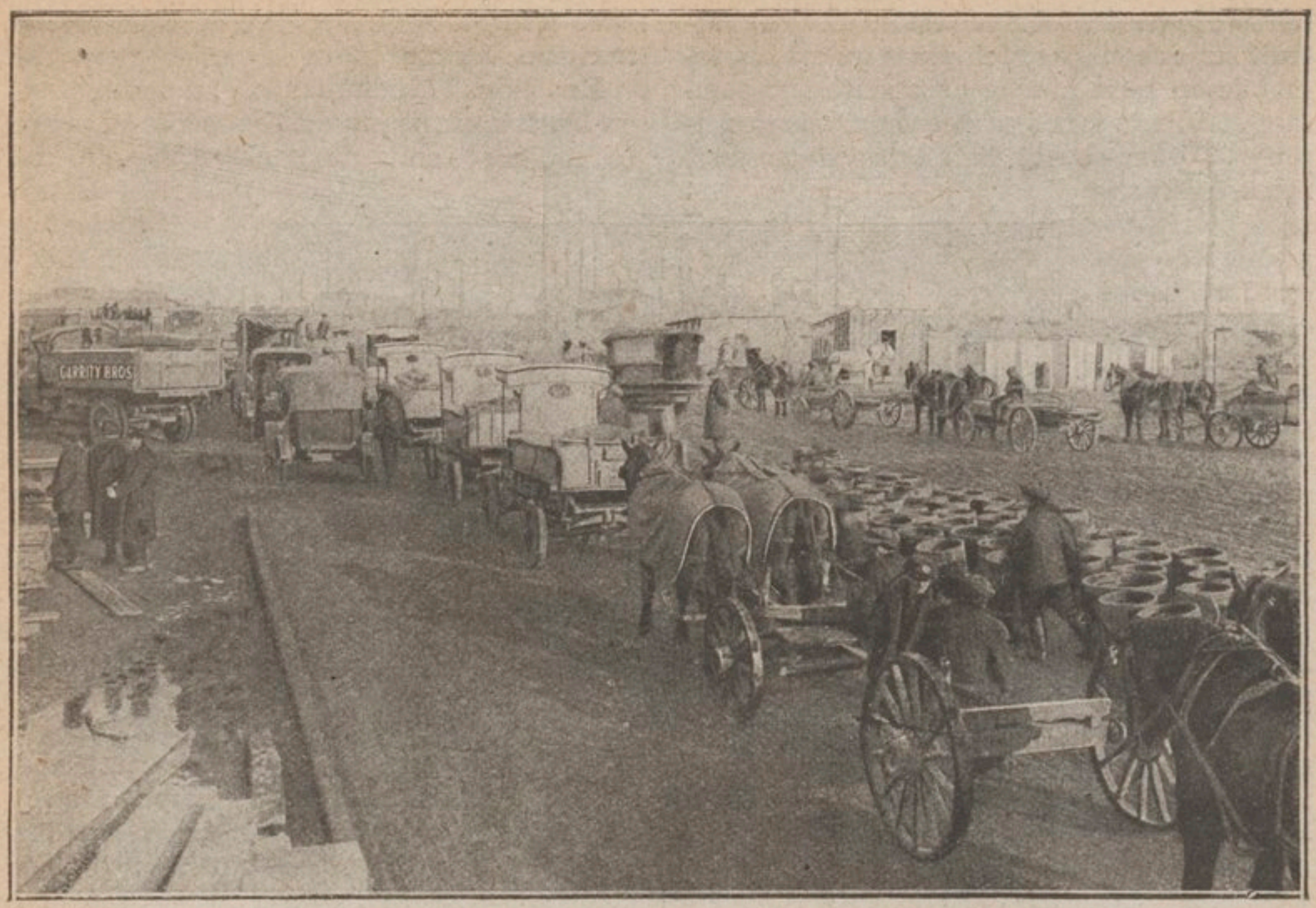


LES NAVIRES « FABRIQUÉS » ONT DES MATS EN ACIER FORMÉS DE PLUSIEURS SECTIONS RAPPORTÉES

Chaque section se compose de deux demi-cylindres bruts d'usinage, assemblés par des boulons de la manière la moins esthétique mais, par contre, à la fois la plus simple et la plus rapide.

Revenons à la commande de cent vingt cargo-boats dont, sans qu'elle possédât en propre la moindre cale de construction, l'American International Shipbuilding Corporation s'était chargée. Puisque ces bâtiments devaient être fabriqués en série, suivant des plans établis, toutes les pièces et machines entrant dans leur construction ou leur équipement purent être immédiatement commandées à l'industrie privée. On s'adressa d'abord aux établissements manufacturant des charpentes d'acier et de fer (ceux notamment qui se sont spécialisés dans la construction des ponts métalliques), puis aux constructeurs de machines et chaudières, enfin aux forges, ateliers et usines de toute sorte susceptibles de fournir telle ou telle pièce ou machine, comme tout instrument participant du navire proprement dit ou de ses installations secondaires.

La question du matériel réglée, il restait à l'International Shipbuilding à réaliser le plus important de sa gigantesque entreprise : le chantier d'assemblage, et ce, dans des conditions de rapidité telles que le matériel



LES VÉHICULES LES PLUS DIVERS APPORTENT DES MATÉRIAUX AU CHANTIER

Les 364 hectares que couvre le chantier et qui, il y a moins d'un an, n'étaient que fondrières et broussailles, sont aujourd'hui sillonnés de bonnes routes ; lorsque le chantier sera complètement terminé, 25 locomotives, 500 wagons et 50 voitures à passagers circuleront sur 120 kilomètres de voies ferrées.

n'eût pas à séjourner à pied d'œuvre faute de pouvoir l'utiliser dès son arrivée.

Quand on songe que ce chantier devait permettre d'assembler et mettre à flot en moins de deux années cent vingt navires, de pouvoir, au besoin, en construire deux cents et de continuer à travailler à plein rendement, une fois ces navires à flot, tant qu'il serait nécessaire de soutenir l'effort imposé par la piraterie allemande, on conçoit que la tâche de l'International Shipbuilding n'était pas des plus faciles. Mais quand on saura que le site choisi pour ériger ce chantier était une petite île déserte, inculte, un terrain fait de sable, de boue et de broussailles n'ayant jamais été travaillé, rempli d'ornières et de fondrières, coupé par quelques sentiers, mais ne possédant aucune route véritable, on admettra aisément que la volonté de réaliser un projet d'une telle amplitude devait être appuyée par une expérience et des qualités d'organisation de premier ordre.

Le Shipping Board mit à la disposition de l'International Shipbuilding Corporation 200.500.000 dollars, soit très sensiblement plus d'un milliard de francs, pour couvrir la construction des cent vingt navires et du chantier (lequel devient ainsi propriété du gouvernement). On prévoit que cette somme sera de beaucoup dépassée. Quoi qu'il en soit, la compagnie contractante ne s'enrichira guère à manier ces millions, car il lui faudra trouver son bénéfice dans le crédit fixe de 6.600.000 dollars qui lui a été consenti comme salaire ; or, sur cette somme, qui ne représente que 3,3 % du prix de construction, il lui faut prélever de quoi payer ses chefs de service, ingénieurs et employés et acquitter une taxe sur les bénéfices de guerre très importante, votée récemment.

La petite île de Hog Island est, comme le montre la carte que nous avons reproduite, située à quelques kilomètres au sud du grand port de Philadelphie, presque à toucher la rive droite de la rivière Delaware.

Le premier travail qui s'imposait était de niveler le sol de l'île, d'établir les fondations devant supporter et les cales d'assemblage et les bâtiments de toute sorte constituant le chantier ; on se fera une idée de l'importance de ce dernier travail quand on saura que, rien que pour les cales, il a fallu foncer 110.000 piles dont 22.000 en béton armé. Il fallut en même temps draguer 2.675.000

mètres cubes de vase et de cailloux pour obtenir sur le front extérieur de l'île une profondeur d'eau uniforme de 5 m. 50.

Le chantier de Hog Island couvre 364 hectares de terrain dont dix sont occupés par des bâtiments divers ; il comporte cinq groupes de dix cales chacun, un bassin d'achèvement de 550 mètres de longueur renfermant lui-même sept wharfs de chacun 304 mètres de longueur et pouvant permettre l'accostage de quatre navires, ce qui revient à dire qu'on pourra poursuivre dans ce bassin l'achèvement simultané de vingt-huit navires. 22.860.000 mètres de bois de charpente et environ 500.000 tonnes d'acier sont entrés dans la construction des cales et des bâtiments servant d'ateliers.

Les travaux d'érection du chantier furent commencés en septembre 1917. Vers le milieu de janvier, l'île était déjà sillonnée de bonnes routes, parcourues par des services d'autobus capables d'assurer le transport, à l intérieur et en dehors du chantier, de 22.000 ouvriers (quand le chantier travaillera à plein rendement, 30.000 ouvriers y seront occupés). Des dortoirs pour plusieurs milliers de travailleurs, une infirmerie spacieuse, des réfectoires, des salles de récréation, et de lecture, y compris même un grand cinéma, des bâtiments pour les bureaux pour la production de la force motrice de l'air comprimé, de l'éclairage, etc., et différents ateliers étaient construits ; les voies ferrées et quais étaient déjà en nombre suffisant pour permettre le déchargement de 250 wagons de matériel par journée de travail. Quand le chantier sera en plein fonctionnement, le réseau de chemins de fer de l'île comportera environ 120 kilomètres de lignes et le matériel roulant, 25 locomotives 500 wagons et 50 voitures à passagers. Un système de distribution d'eau, calculé sur la base de celui d'une ville de 300.000 habitants : un système d'égouts ; un système de distribution d'air comprimé et de courant électrique étaient en bonne voie d'exécution. On se fera une idée de la puissance de la centrale électrique et de l'importance du réseau de distribution quand on saura que le chantier, lorsque toutes ses installations seront terminées, disposera d'environ 600 moteurs d'une puissance totale de 28.000 chevaux. L'usine d'air comprimé —

LES FONDATIONS DES CHANTIERS ONT NÉCESSITÉ LE FONÇAGE DE 110.000 PILOTIS

Les bâtiments de l'exploitation, les ateliers et plus spécialement les cales où sont assemblés les navires « fabriqués » reposent sur 22.000 piles de fondation en ciment armé. Pour obtenir sur le front d'eau du chantier une profondeur uniforme de 5 m. 50, il fallut, en outre, draguer près de 3 millions de mètres cubes de vase, de cailloux et de roches et cela, au prix d'un travail de jour et de nuit.

dont la principale fonction est d'alimenter les outils pneumatiques — exige une puissance de 15.000 chevaux correspondant à un débit de plus de 2.000 mètres cubes d'air par minute. A la même époque, les cinquante cales étaient déjà très avancées. Or, tout ce travail fut accompli durant les premiers mois d'un hiver exceptionnellement rigoureux, alors que la température demeurait presque constamment aux environs du 0 Fahrenheit (— 17° C.) et en dépit de la plus grande congestion et désorganisation des chemins de fer qu'aient jamais connues les Etats-Unis. Ce tour de force permet d'escompter que la première série de cent vingt navires fabriqués sera livrée dans les délais prévus, délais que nous indiquons plus loin en détail, car, s'il n'en devait pas être ainsi, le Shipping Board américain n'aurait pas, dès la fin de mars, confié au chantier de Hog Island l'exécution d'une commande supplémentaire de soixante cargo-boats de 7.500 tonneaux chacun de portée en lourd.

M. DANIELS

Secrétaire du Département de la Marine des États-Unis

A l'heure où nous écrivons, le chantier de Hog Island est bien près d'être terminé ; il le sera probablement quand cet article paraîtra, car, rédigé sur place, à Philadelphie, cette étude ne peut réfléchir une brûlante actualité.

Les navires fabriqués à Hog Island sont construits un peu suivant l'idéal que Ford, le fabricant bien connu d'automobiles, transformé lui-même aujourd'hui en constructeur de navires, avait formulé à peu près en ces termes : « Les navires commenceraient leur carrière sur une piste de plusieurs kilomètres de longueur (suivant le nombre de bâtiments en file), établie assez solidement pour supporter d'un bout à l'autre le poids total de la coque et des machines de tous les bâtiments en construction, lesquels ne seraient lancés que complètement terminés, prêts à embarquer leur cargaison et prendre la mer. » C'est ainsi que les automobiles Ford sont assemblées, suivant, en procession sans fin, une piste fermée dans laquelle, quand une unité terminée s'en détache, pénètre une unité naissante. On n'a pu à Hog Island appliquer ce principe exactement, et les cinquante cales parallèles, travaillant toutes en même temps, ne sont pas sans se rapprocher beaucoup de la piste idéale suggérée par Ford.

Les premiers cent vingt navires de Hog Island doivent tous être livrés dans un délai total de vingt-deux mois, à raison de vingt-cinq navires au bout de treize mois et demi (comptés à partir du 13 septembre 1917, date de la signature du contrat), vingt-cinq autres au bout de quinze mois, vingt-cinq au bout de dix-huit mois et demi, vingt-cinq au bout de vingt mois et les derniers vingt après vingt-deux mois, ce qui revient à livrer *un navire tous les deux jours* à partir du premier bateau livré, et la totalité des cent vingt cargos pour juillet 1919. D'autre part, on espère fermement que les soixante bâtiments supplémentaires commandés en mars seront tous prêts dans un délai qui n'excédera pas de plus de trente jours les vingt-deux mois prévus pour l'achèvement de la première série de cent vingt.

M. CHARLES SCHWAB

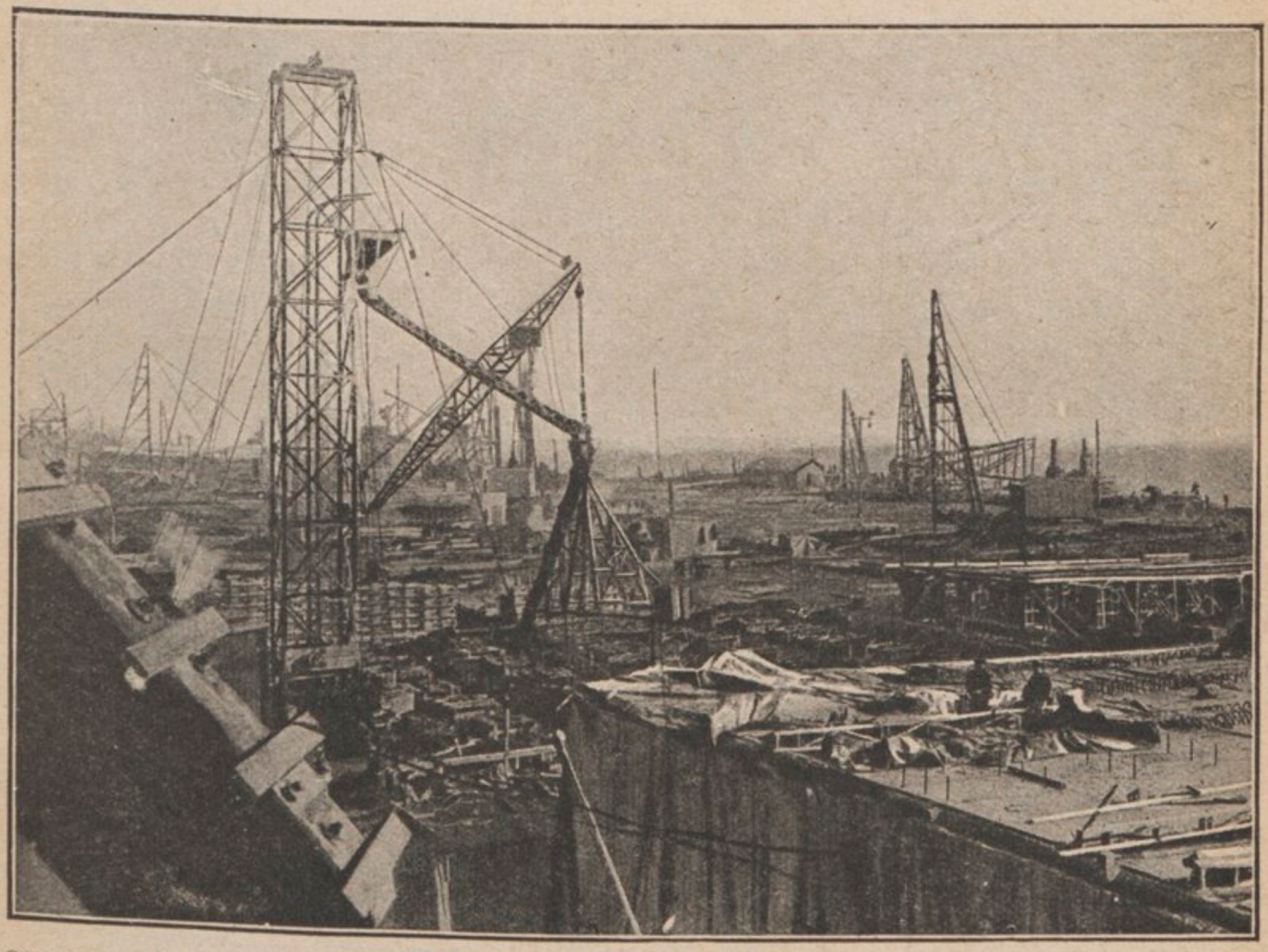
Directeur général de la flotte marchande américaine.

La production d'un grand nombre de navires dont chacun est exactement la copie de l'autre, permet évidemment de construire beaucoup plus rapidement que lorsqu'il s'agit de bâtiments constituant chacun un type particulier ; elle permet, en outre, l'emploi de méthodes usinières dans lesquelles excellent les Etats-Unis. Par suite, il est évident que si le « navire fabriqué » est un succès — et il n'y a aucune raison pour qu'il n'en soit pas ainsi — les méthodes de construction des navires de commerce seront complètement transformées et donneront lieu à l'établis-

sement de types uniques correspondant chacun à une catégorie particulière de navire et à des déplacements donnés dont le nombre sera très réduit, ce qui sera un immense progrès. Il n'apparaît pas, en effet qu'il y ait intérêt à continuer de construire des navires de tous tonnages et de toutes formes aptes à transporter n'importe quoi, c'est-à-dire des marchandises et des matériaux de densités et encombrements les plus divers. Il est profondément anti-rationnel et peu économique d'employer un navire à transporter tour à tour du charbon, du bois, du plâtre, des pierres, du coton, du plomb ou du papier. Le navire de l'avenir doit être étudié et construit en vue d'une utilisation donnée et pour assurer dans les meilleures conditions possibles le transport d'une catégorie déterminée de marchandises. Si les flottes marchandes dont disposent les Alliés avaient été constituées par des unités adaptées de cette manière à des cargaisons bien définies, le ravitaillement eût été considérablement facilité, tant au point de vue quantité qu'au point de vue rapidité. S'inspirer de cette méthode et construire en série des navires « fabriqués », tels paraissent être les plus sûrs moyens de reconstituer rapidement notre marine marchande après la guerre.

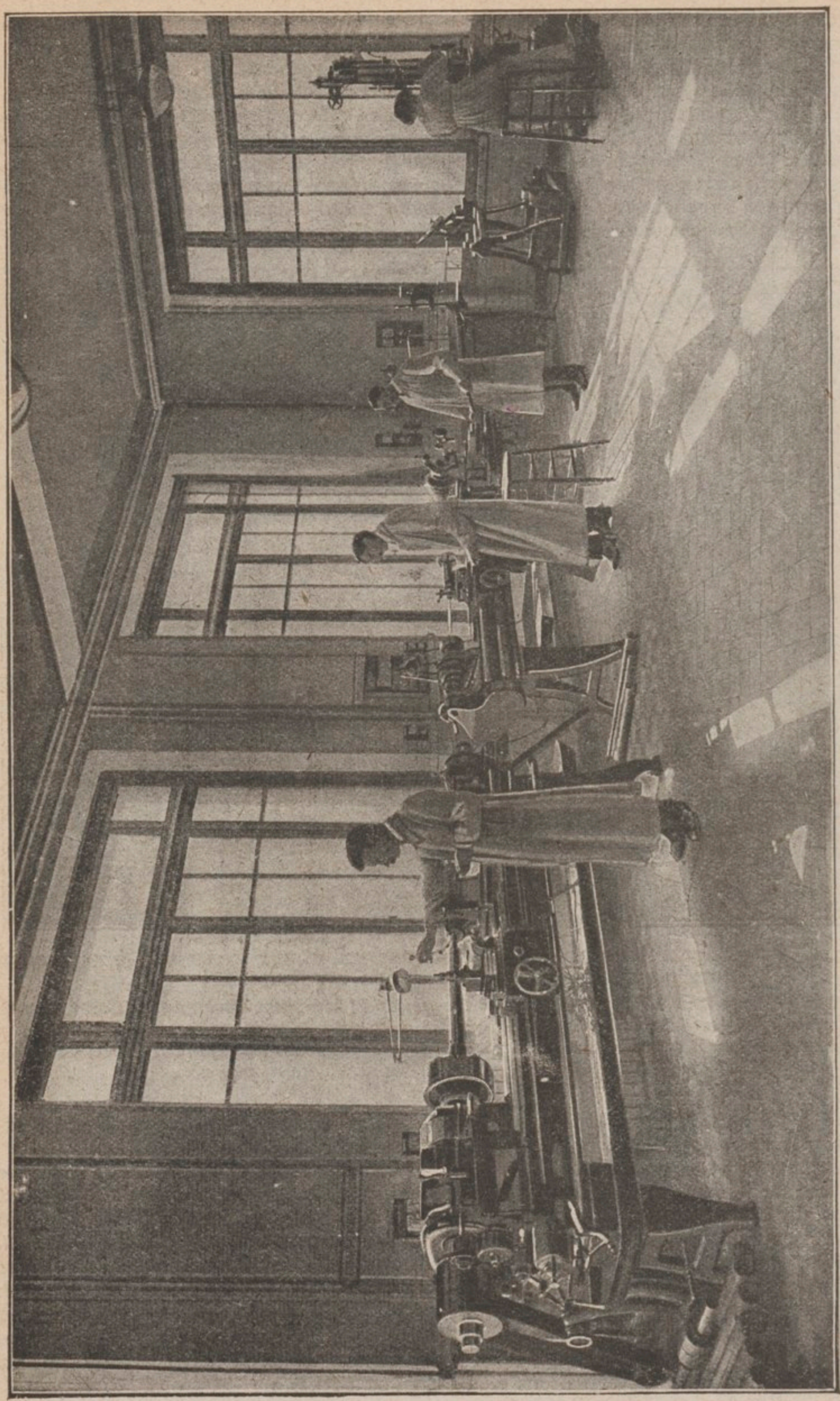
Terminons en reproduisant cette déclaration, faite officiellement, par M. Charles Schwab, directeur de la Marine de commerce des États-Unis : « Rien que pendant la dernière semaine de mai, nous avons donné l'ordre de construire de nouveaux chantiers dont l'érection coûtera un quart de milliard de dollars et qui accroîtront la capacité de production maritime annuelle des États-Unis de trois millions de tonnes. D'ailleurs, notre effort est symbolisé par les chiffres suivants : en janvier dernier, nous occupions soixante mille ouvriers dans les chantiers maritimes américains, et, aujourd'hui, nous en occupons sept cent mille. »

F. GUILLARD.



SANS LES PUISSANTS APPAREILS QUE NOUS VOYONS ICI, IL EUT FALLU DES ANNÉES POUR CRÉER LE CHANTIER GIGANTESQUE DE HOG ISLAND

Or, c'est en quelques mois qu'il fallait ériger toutes sortes de bâtiments, dont une puissante centrale électrique et une usine d'air comprimé, construire 50 cales pour le montage des navires, un bassin de 550 mètres de longueur renfermant 7 wharfs, établir des routes, des voies ferrées, des canalisations d'eau, de gaz, d'air comprimé, d'électricité, des égouts, etc...



LA GRANDE SALLE DES ESSAIS MÉCANIQUES DU LABORATOIRE DES USINES ANDRÉ CITROËN, A PARIS

On y voit, entre autres machines, des tours à tracer les éprouvettes, une perceuse et une scie alternative pour le découpage des échantillons.

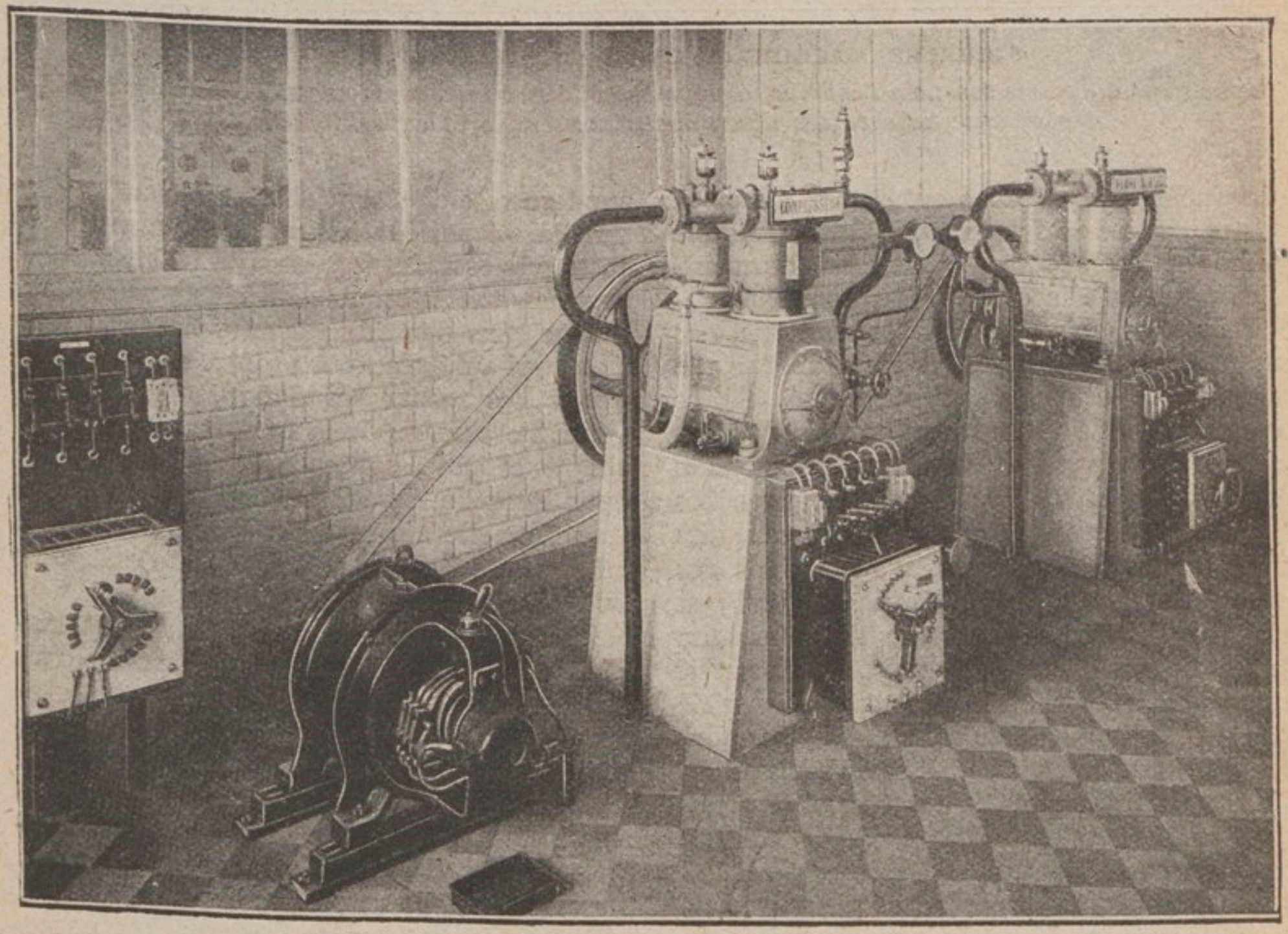
LES GRANDS LABORATOIRES INDUSTRIELS DE FRANCE

Par Jacques FERMONT

ANCIEN ATTACHÉ AU CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS

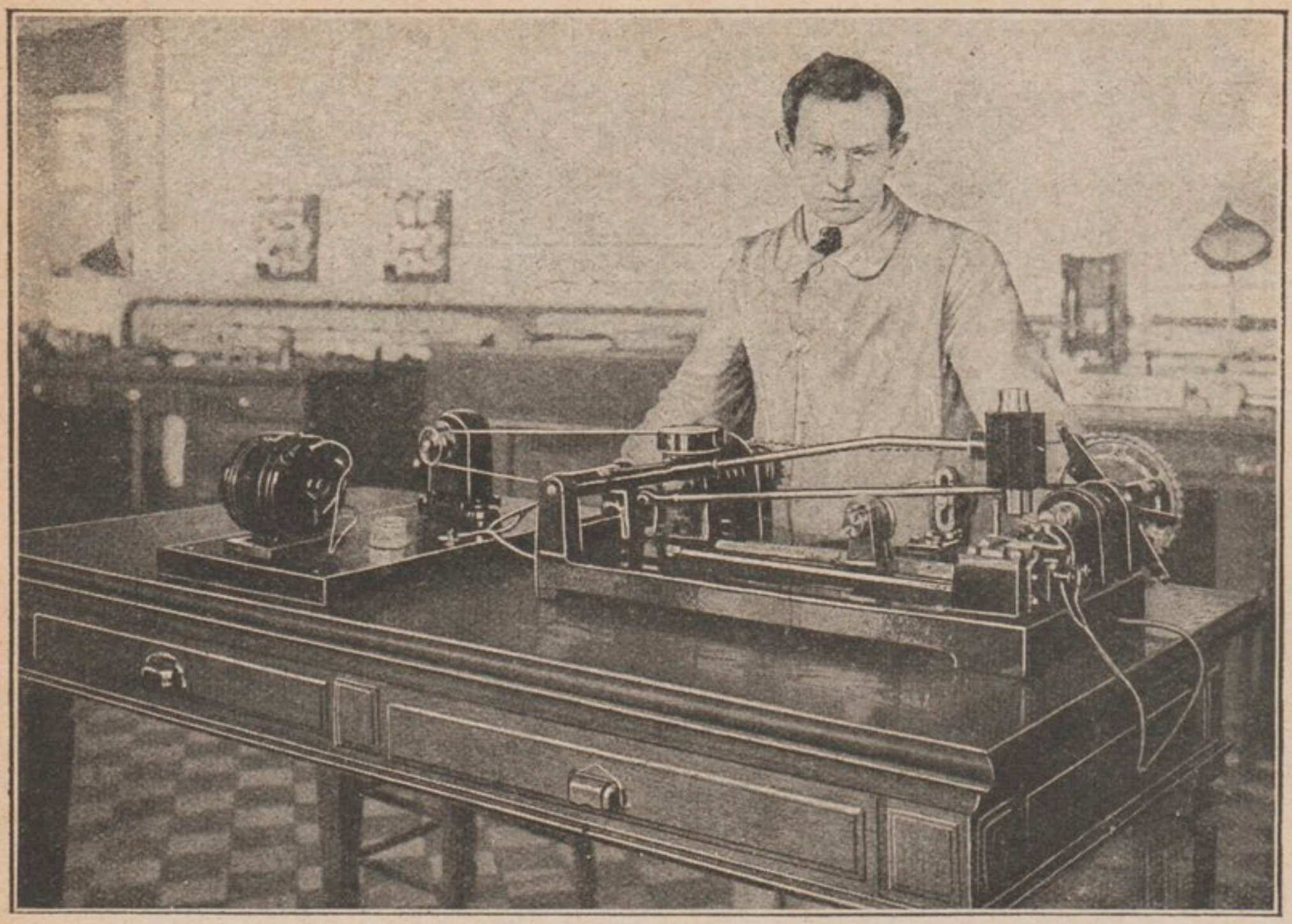
Cet article complète en quelque sorte celui que nous avons publié dans notre dernier numéro sur La Résistance des matériaux et le Laboratoire d'essais des Arts et Métiers. *Il renferme, en outre, une foule d'indications du plus haut intérêt sur les travaux préparatoires de nos ingénieurs et de nos chimistes en vue de notre fabrication et de notre production nationales.*

Sauf exceptions, les laboratoires industriels de France se réduisaient jadis à une salle d'analyses chimiques. Là, un spécialiste, plus ou moins instruit, se bornait à vérifier la qualité des matières premières que l'usine transformait ; ses investigations portaient rarement sur les procédés de fabrication ou les produits fabriqués, car les directeurs, routiniers, n'encourageaient guère les recherches de ce genre, demandant beaucoup plus à l'empirisme qu'à la science, les perfectionnements de leur industrie. A quoi bon, se disaient-ils, grever notre budget par la création d'un laboratoire et l'entretien d'un chimiste? Un contremaître habile ne suffit-il pas pour analyser les



COMPRESSEUR ET POMPE A VIDE EN SERVICE DANS LES GRANDS LABORATOIRES

Ces machines fournissent l'air comprimé ou raréfient l'air dans les appareils servant aux ingénieurs ou aux chimistes pour leurs essais, vérifications ou expériences.



LA CURIEUSE MACHINE A CHOCS RÉPÉTÉS DE CAMBRIDGE

Cet instrument, comme son nom l'indique, a pour but de déterminer, avec toute la précision possible, la résistance au choc des divers matériaux employés dans l'industrie.

marchandises que nous achetons? Quant à nos méthodes de fabrication, basées sur une longue série d'expériences, ne nous donnent-elles pas toute la satisfaction possible?

Hélas ! au cours des dernières années, nos industriels s'aperçurent, à leurs dépens, de la fausseté d'un tel raisonnement. Après avoir constaté l'abaissement graduel de leurs ventes, ils apprirent que des concurrents étrangers avaient découvert des procédés simples permettant de livrer leurs produits à un tarif inférieur au prix de revient des mêmes objets en France. Devant d'aussi peu encourageantes perspectives, nos fabricants se ressaisirent heureusement, et maintenant on ne voit plus d'établissements industriels de quelque importance sans de vastes laboratoires d'analyses, d'essais et de recherches, dirigés par des savants de valeur et pourvus d'instruments d'observation ou de mesure des plus perfectionnés. Et, même, plusieurs de ces laboratoires, organisés en pleine guerre, l'emportent sur les créations similaires de l'étranger et joueront un rôle primordial dans l'âpre lutte économique de demain.

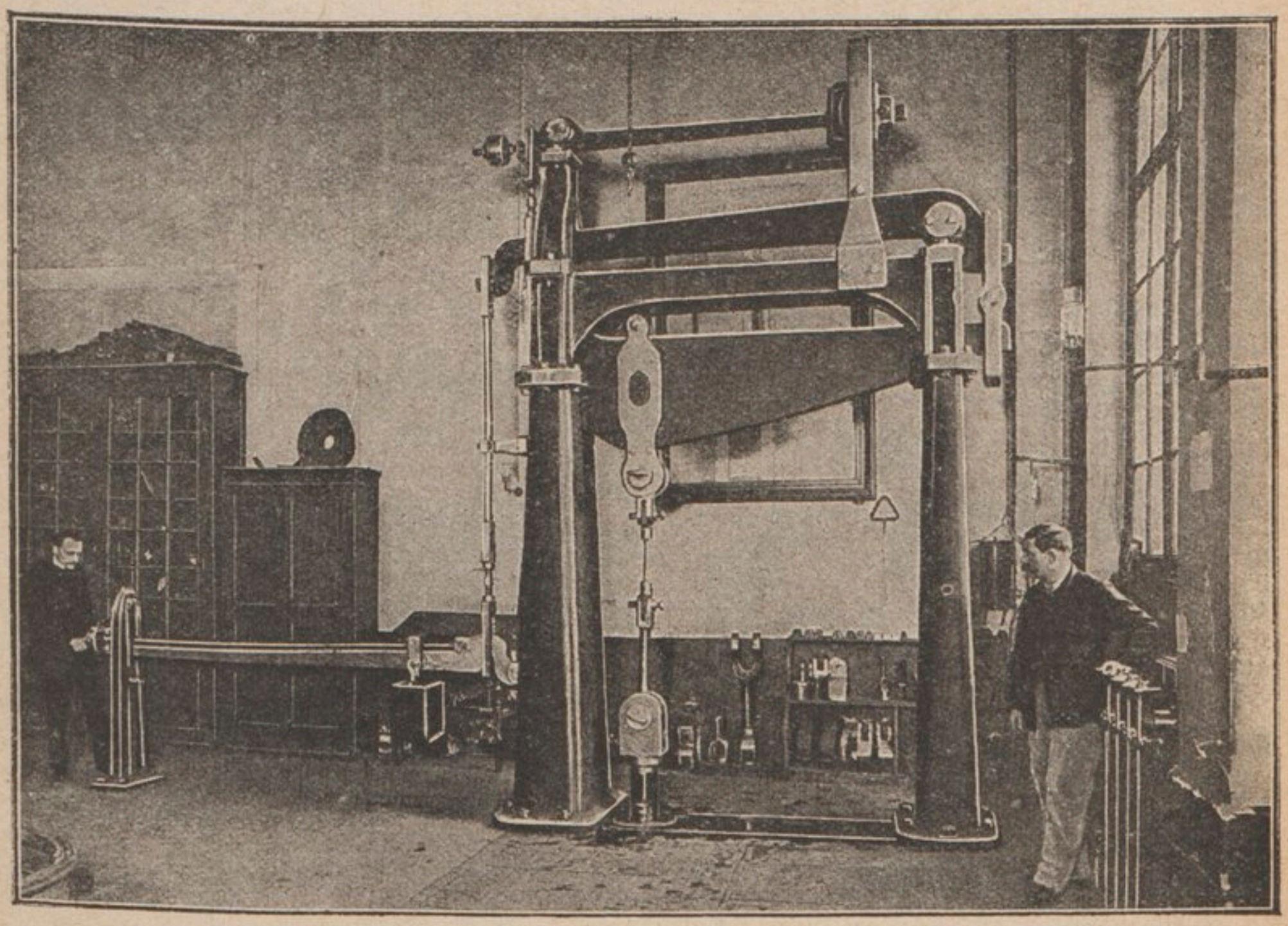
La plus rudimentaire des fabrications modernes exige, en effet, de continuelles améliorations. Il faut étudier scientifiquement chacun des facteurs qui influent sur le rendement, et on ne saurait le faire dans l'usine sans perturber la marche des opérations qui s'y exécutent ; on doit donc poursuivre ces recherches dans un laboratoire, véritable *cerveau* de la fabrique et non plus simple officine, ornée de fioles désuètes, et dans laquelle des chimistes, revêtus de la traditionnelle blouse blanche, répétaient les mêmes manipulations d'un bout de l'année à l'autre sans chercher à voir au-delà.

Depuis longtemps, les Américains, et surtout nos ennemis d'outre-Rhin étaient entrés dans la voie scientifique. L'industrie allemande, en particulier, devait l'importance de son développement aux remarquables laboratoires annexés à toutes ses grandes firmes. Dans ceux des *Etablissements Frederic Bayer*, de Leverkusen et d'Elberfeld, par exemple, plus de deux cents chimistes, pourvus du diplôme de docteur ès sciences, travaillaient à perfectionner la technique des colorants, tandis que dans ceux de la *Benrather Maschinen Fabrik*, de *Krupp* ou de

l'*Allgemeine elektricitats Gesellschaft*, de nombreux ingénieurs solutionnaient des problèmes de métallurgie, de balistique ou d'appareillages électriques, et qu'à Iéna, plus de quarante physiciens, possesseurs de grades universitaires, calculaient les combinaisons optiques nécessaires pour réaliser les jumelles prismatiques ou les lumineux objectifs des appareils photographiques, qui assuraient une renommée mondiale à la maison *Karl Zeiss*.

Mais, aujourd'hui, nous n'avons que l'embarras du choix pour trouver en France des laboratoires supérieurement outillés dans toutes les branches de nos industries. Pénétrons d'abord dans l'usine *André Citroën*, édifiée pourtant en quelques mois, au beau milieu de la guerre, et d'où sortent actuellement 50.000 obus par jour. Ses laboratoires s'étendent en bordure du quai de Javel, à Paris, sur une longueur de soixante mètres et une largeur de dix-sept mètres ; ils occupent le rez-de-chaussée ainsi que les sous-sols d'un grand bâtiment dont le premier étage se trouve réservé à des bureaux administratifs ou techniques. Au centre de l'édifice, se voit un vaste hall orné de bibliothèques pouvant contenir 15.000 volumes destinés à l'instruction complémentaire du personnel.

De chaque côté du hall, s'alignent les diverses pièces qui, aussi claires que minutieusement installées, permettent de poursuivre toutes les recherches, expériences et mesures mécaniques, physiques ou chimiques nécessaires. Distinguons, entre autres, la salle, avec fondations indépendantes, renfermant le *compresseur* et la *pompe à vide*, qui distribuent l'air comprimé à 4 kilos ou le vide à 70 centimètres de mercure dans tous les services du laboratoire. Ces deux machines reposent sur une véritable voûte, de manière que les trépidations dues à leur rotation ne se transmettent pas aux pièces voisines, et, en particulier, à la salle des balances. On y voit encore une machine à glace Audiffren qui, débitant 5 kilos de glace par heure, permet de faire des mesures à températures fixes, d'étalonner des thermomètres, des pyromètres, etc., tandis que, grâce à un aspirateur voisin, on évacue les gaz ou les vapeurs des différentes salles d'analyses par une série de canalisations à large section dissimulées dans des hottes et

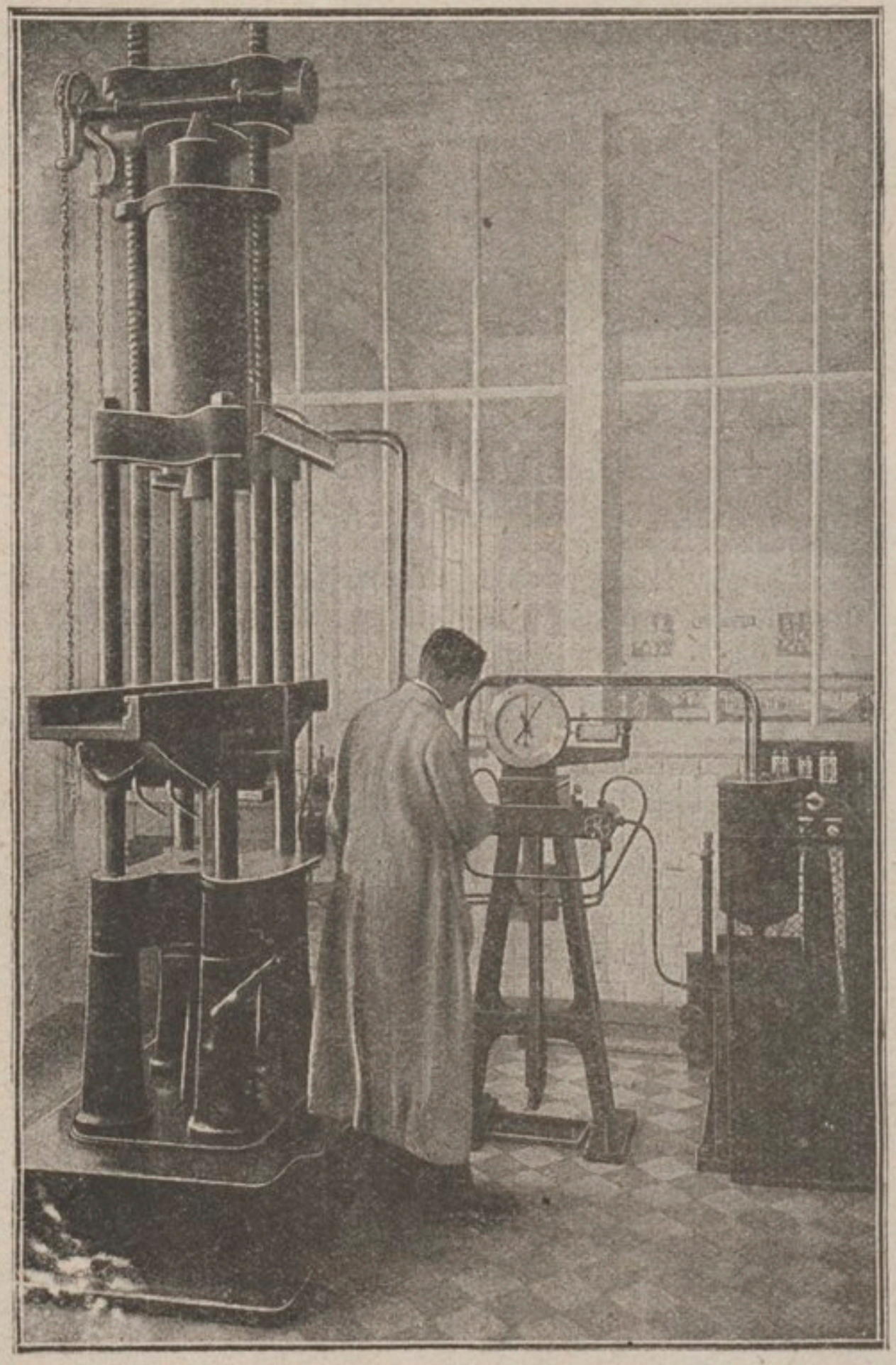


MACHINE SPÉCIALE POUR L'ESSAI DES MÉTAUX A LA TRACTION

Cette machine, qui rend des services considérables, est installée dans l'un des laboratoires de la Compagnie du chemin de fer P.-L.-M., à Paris.

dans lesquelles on a ménagé, de distance en distance, des registres en faïence à ouverture réglable. D'autre part, toutes les conduites principales d'eau, de gaz, d'électricité, d'air comprimé, de vide, d'air aspiré et de vidange se trouvant situées dans une galerie de 2 mètres de hauteur sur 1 m. 20 de largeur, on peut les visiter et les entretenir avec facilité.

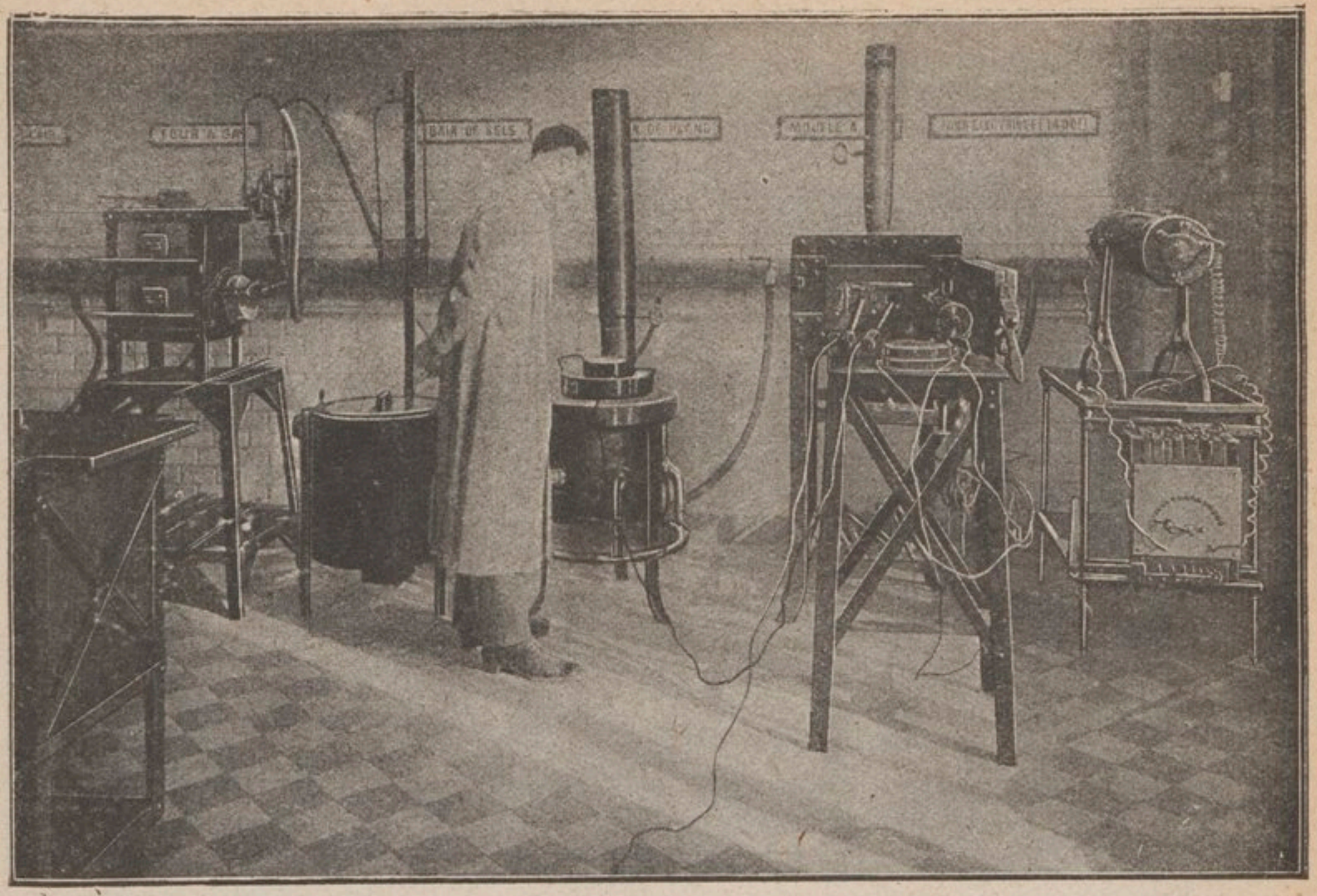
Dans les usines de guerre, on procède journellement à des *essais de dureté* à l'aide de machines de Brinell ou de Guillery, dont nous avons parlé dans le précédent numéro de « *La Science et la Vie* ». Pour voir comment les échantillons d'acier se comportent sous ces différents efforts, on se sert des moutons Charpy et Guillery — que les lecteurs de ce magazine connaissent également — de l'appareil à chocs répétés de Cambridge, mais surtout de la *machine Amsler, de 50 tonnes*, figurée ci-contre, qui permet des essais de traction, compression, pliage, dureté, etc. On règle à volonté la vitesse d'expérimentation. L'effort, donné par pression d'huile, s'obtient grâce à une pompe adjointe à l'instrument et commandée par un moteur électrique de 2 chevaux ; il s'enregistre au moyen d'un dynamomètre Guillet-Godfroid, porteur d'un tambour solidaire du piston de la presse et sur lequel un crayon trace une série de points proportionnels à la grandeur de l'effort déployé à chaque instant. On conserve de la sorte un diagramme complet de l'essai effectué, ce qui en augmente la valeur et en rend l'appréciation plus aisée.



MACHINE A TRACTION AMSLER, DE 50 TONNES

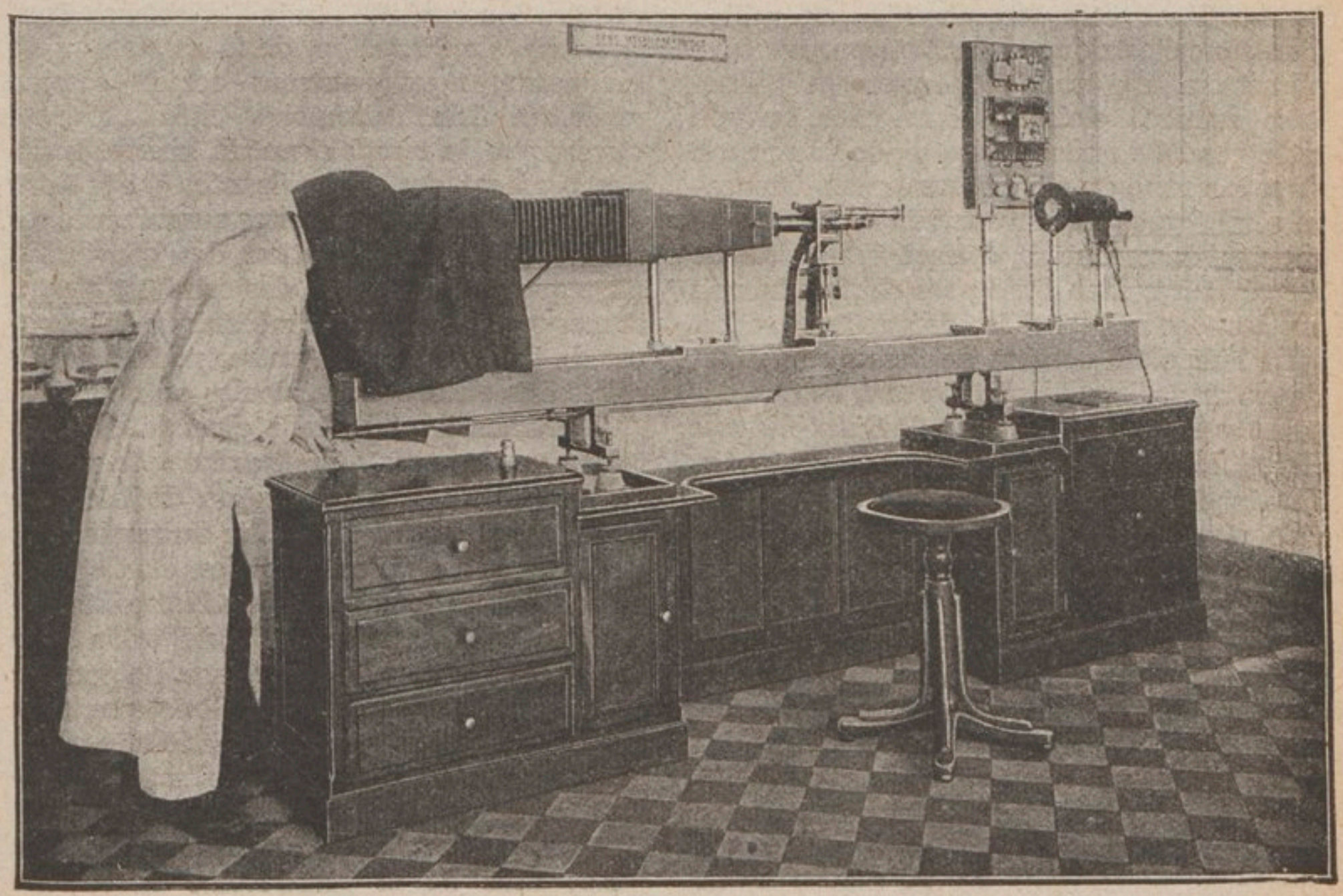
Cette machine, dont tout laboratoire sérieux est doté, permet des essais de traction, compression, flexion, pliage et dureté.

Dans les établissements où fonctionnent des *fours à traitements thermiques*, les ingénieurs ont souvent besoin d'essayer préalablement les traitements préconisés avant de les appliquer en grand dans leurs ateliers ou bien de vérifier les pièces fabriquées. En conséquence, les laboratoires annexés à ces usines doivent posséder des fours divers, électriques ou au gaz, des bacs à tremper, etc. Dans cette salle, on vérifie très souvent tous les pyromètres de l'usine et on les réétalonne chaque fois que leurs indications s'écartent de plus de 10° de celles d'un pyromètre Le Chatelier pris comme étalon. Quand on a reconnu la nécessité d'un réétalonnage, on relève, avec l'appareil à corriger, les points de fusion du plomb, de l'aluminium et de l'argent. On compare les indications lues sur le galvanomètre avec celles qu'il devrait donner pour que le pyromètre soit juste, c'est-à-dire, 327°, 658° et 962° pour les métaux choisis, et on modifie la résistance de l'appareil jusqu'à faire coïncider ces indications. D'autre part, on examine les lunettes et télescopes en les comparant avec des couples métalliques étalonnés par points de



SALLE DES APPAREILS EMPLOYÉS POUR LES TRAITEMENTS THERMIQUES

L'opérateur représenté sur la photographie procède à l'étalonnage de plusieurs pyromètres.



BANC MÉTALLOGRAPHIQUE IMAGINÉ PAR M. H. LE CHATELIER, MEMBRE DE L'INSTITUT

Le microscope est monté sur un banc métallique et sa plate-forme reçoit l'échantillon à examiner.

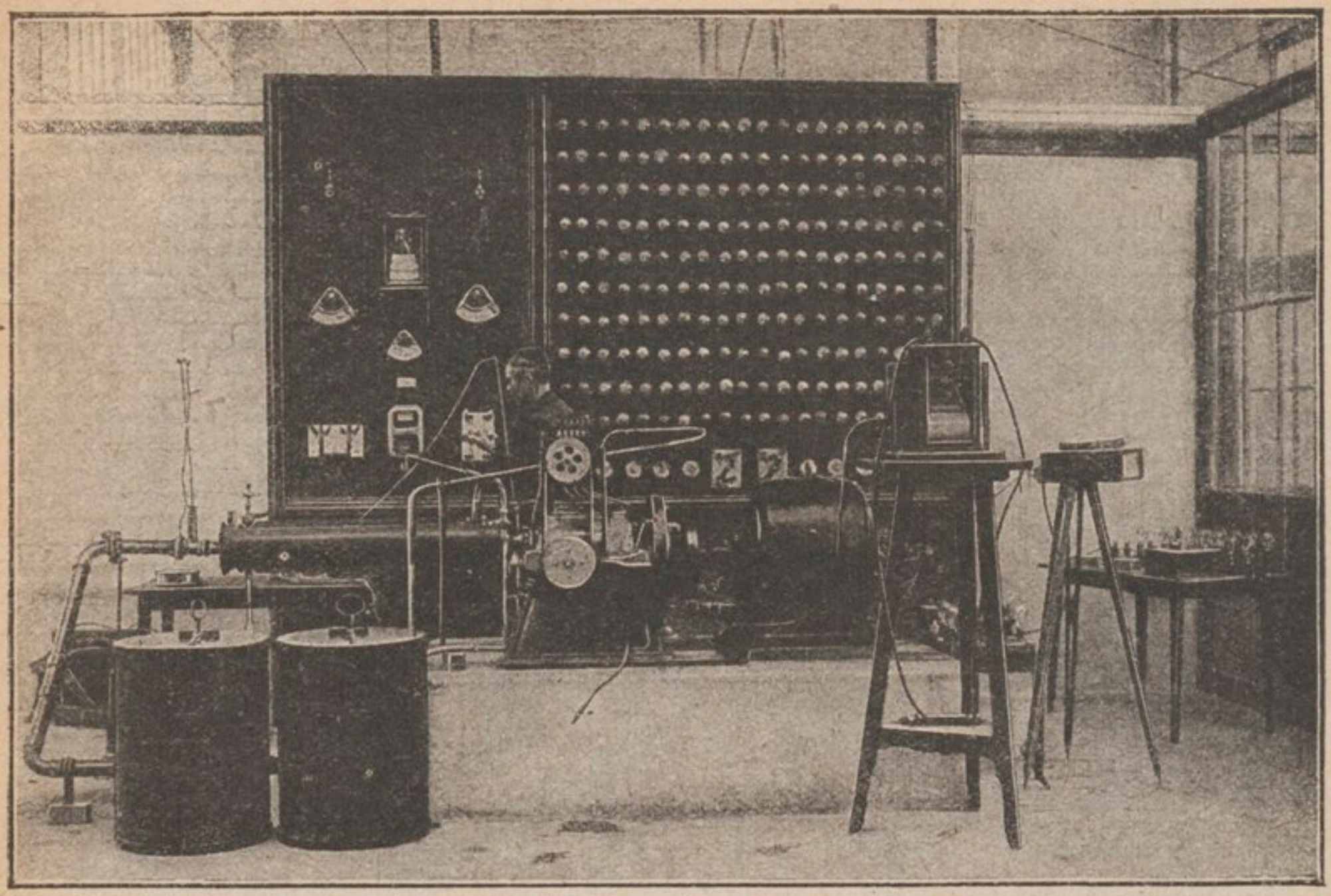


TABLEAU DES MISES EN MARCHE ET DES RÉSISTANCES DANS UN LABORATOIRE

Au fond, sur un banc d'essai, on remarque un moteur Gillet-Forest accouplé à une dynamo étalonnée.

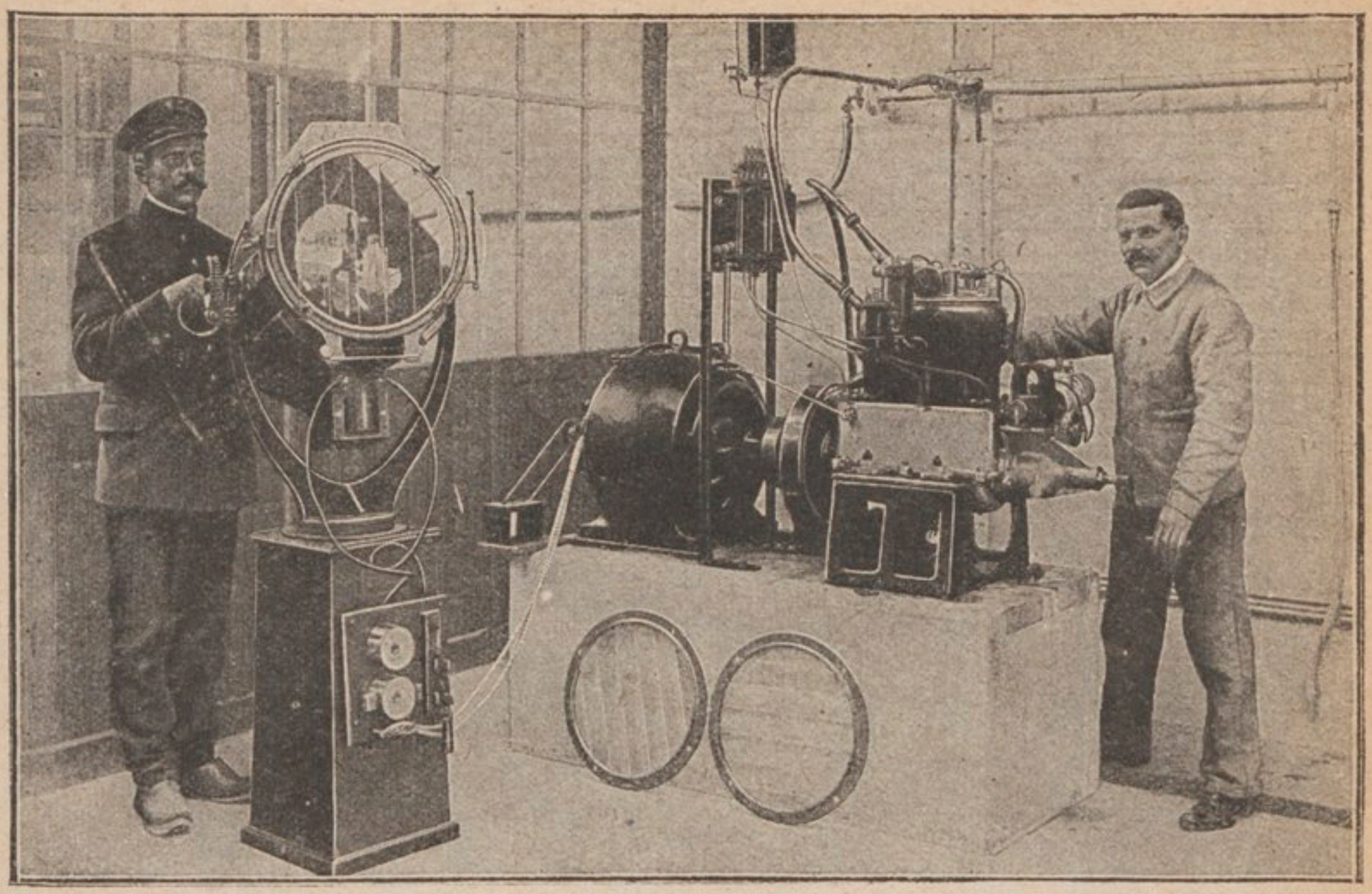
fusion. Pour cela, on chauffe, au milieu d'un four électrique constitué par un tube réfractaire, une rondelle également réfractaire formant cloison ; d'un côté, on vise cette rondelle avec la lunette, de l'autre, on place la canne du pyromètre étalon. On arrive ainsi, grâce au rhéostat intercalé sur le circuit d'alimentation, à avoir une série de températures bien fixes ; les chiffres fournis par les deux appareils doivent coïncider.

De leur côté, nombre de firmes métallurgiques françaises, tels le *Creusot*, la *Compagnie des Forges et Aciéries de Saint-Etienne* (Loire), les *Usines de Dion-Bouton* à Puteaux, *Citroën* et autres, possèdent une salle spéciale pour les *recherches métallographiques*, sans lesquelles on ne saurait fabriquer aujourd'hui des pièces métalliques, déterminer la composition des alliages à employer pour telle ou telle application. D'ordinaire, on réunit dans cette pièce les appareils nécessaires : meule et touret pour le polissage des surfaces, paillasse avec sorbonne pour l'attaque et la préparation des échantillons, *banc métallographique Le Chatelier* permettant l'étude microscopique et la photographie avec des grossissements allant jusqu'à 1.200 diamètres, etc. (photo à la page précédente).

Si, maintenant, nous envisageons les laboratoires consacrés à l'étude des *moteurs* d'automobile, de l'aviation, de la marine ou de l'industrie, nous pourrons choisir comme modèle celui de l'Automobile-Club de France, ouvert peu de temps avant la guerre. Indépendamment des appareils nécessaires pour de tels essais, on y rencontre aussi l'outillage propre à la détermination des constantes physiques et chimiques des combustibles, à la mesure du rendement mécanique des organes de transmission ou autres parties accessoires des châssis de véhicules automobiles.

Pénétrons dans la salle d'essais. Nous y trouverons une *plate-forme universelle*, munie de rails destinés à la fixation de bâtis de moulinets pour l'appréciation du rendement à l'axe moteur d'automobiles et de tous autres organes de transmission. Notre illustration (page 32) représente l'installation avec une hélice aérienne en expérience. La poussée de cette dernière se mesure directement au moyen de poids par l'intermédiaire d'un double levier, mais on peut également l'enregistrer avec un *dynamomètre Richard*, qu'on voit au premier plan devant le mécanicien.

Les rails de la plate-forme universelle permettent aussi la fixation de machines. Lors de notre visite, nous avons pu examiner un moteur à gaz pauvre Japy en essai avec



ESSAI DE PUISSANCE D'UN PROJECTEUR ÉLECTRIQUE DESTINÉ A L'ARMÉE

A droite de la photographie, on voit le groupe électrogène à l'aide duquel les essais sont effectués.

son gazogène. Sur le volant du moteur, on monte un frein de Prony, et la cuve pour les gaz d'échappement se trouve fixée immédiatement à gauche du moteur.

Dans la grande salle, sont installés, indépendamment du pont roulant d'une force de deux tonnes qui permet le montage des appareils à étudier, les trois bancs munis de groupes électrogènes avec dynamos étalonnées que contrôle un tableau de distribution. Grâce à ce dernier, on peut effectuer le lancement des moteurs par des dynamos fonctionnant en motrices accouplées auxdits moteurs. Une simple manœuvre suffit pour envoyer le courant des dynamos utilisées comme génératrices, après le lancement, dans les rangées de lampes à incandescence.

Les trois moteurs, de types sensiblement différents, qui fonctionnent actuellement au laboratoire de l'Automobile Club sont :

1° Un moteur monocylindrique de Dion-Bouton. Alésage : 84 millimètres ; course : 90 millimètres ; vitesse angulaire en tours par minute : 1.600 ; puissance : 4,5 chevaux ;

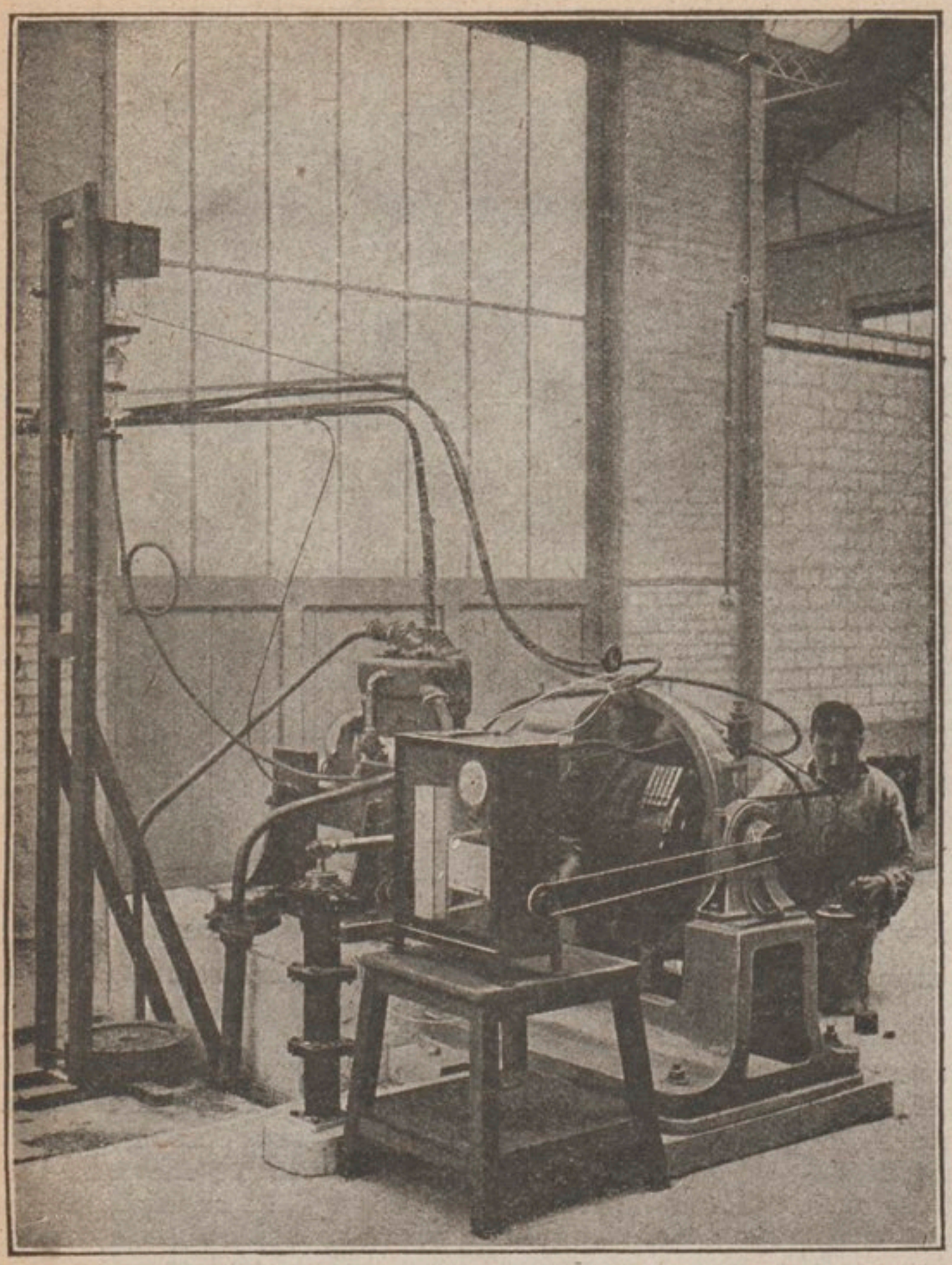
2° Moteur Gillet-Forest, à refroidissement par eau, monocylindrique horizontal. Alésage : 140 millimètres ; course du piston : 160 millimètres ; vitesse angulaire en tours par minute : 800 ; puissance : 10 chevaux ;

3° Moteur Renault 4 cylindres. Alésage : 64 millimètres ; course : 120 millimètres ; vitesse angulaire en tours par minute : 1.200 ; puissance totale : 10 chevaux.

La photographie page 28 se rapporte au moteur Gillet-Forest accouplé à une dynamo étalonnée. Le voltmètre et l'ampèremètre sont au milieu du tableau. Un wattmètre enregistreur se place entre les deux. Les batteries de lampes qui garnissent la partie droite du tableau forment les résistances. Le calorimètre servant à mesurer la chaleur évacuée par les gaz d'échappement se dispose à gauche du moteur, et les températures se prennent au moyen de couples thermo-électriques dont on aperçoit les tiges à chaque extrémité du calorimètre. Enfin, comme autres organes accessoires, on distingue, au premier plan, à droite de la dynamo, l'enregistreur de consommation Forestier, au second plan le manographe Hospitalier-Carpentier, et à gauche, au premier plan, deux cuves tarées pour le jaugeage de l'eau du calorimètre.

A côté du moteur Renault 4 cylindres, voisine le *contrôleur de régularité* en fonctionnement avec un moteur Sigma de 10 chevaux environ, freiné par un moulinet système Renard tournant à l'extérieur de la salle.

Ce contrôleur de régularité, inventé récem-



DYNAMO-DYNAMOMÈTRE SYSTÈME PANHARD-LEVASSOR

Cet appareil sert à mesurer la consommation totale, en combustible liquide, d'un moteur quelconque.

ment par M. Ventou-Duclaux, permet de mesurer la vitesse angulaire des moteurs à des intervalles aussi rapprochés que possible.

Devant chacun des bancs d'essais, mais à l'extérieur de la salle, s'aperçoivent des *moulinets Renard*, protégés contre la pluie par des toitures en tôle ondulée et contre le vent par des écrans ou cloisons en bois. Des arbres cardans, qui passent par de petites fenêtres ménagées dans le mur de séparation, relient les axes de ces moulinets aux axes des moteurs. Comme nos lecteurs le savent, les moulinets Renard forment freins à air et se composent de barres en bois avec trous repérés dans lesquels se fixent, au moyen de boulons, des plaques en aluminium. Lorsque le moulinet tourne, ces plaques, de dimensions connues, se déplacent orthogonalement et éprouvent de la part de l'air ambiant une résistance à leur déplacement, proportionnelle à leur surface et à la distance de leur centre à l'axe de rotation.

Parallèlement à cette ligne de bancs, on a installé aussi, dans la grande salle du laboratoire de l'Automobile-Club, une deuxième rangée de socles pour les essais de moteurs à essence par la méthode dynamo-dynamométrique.

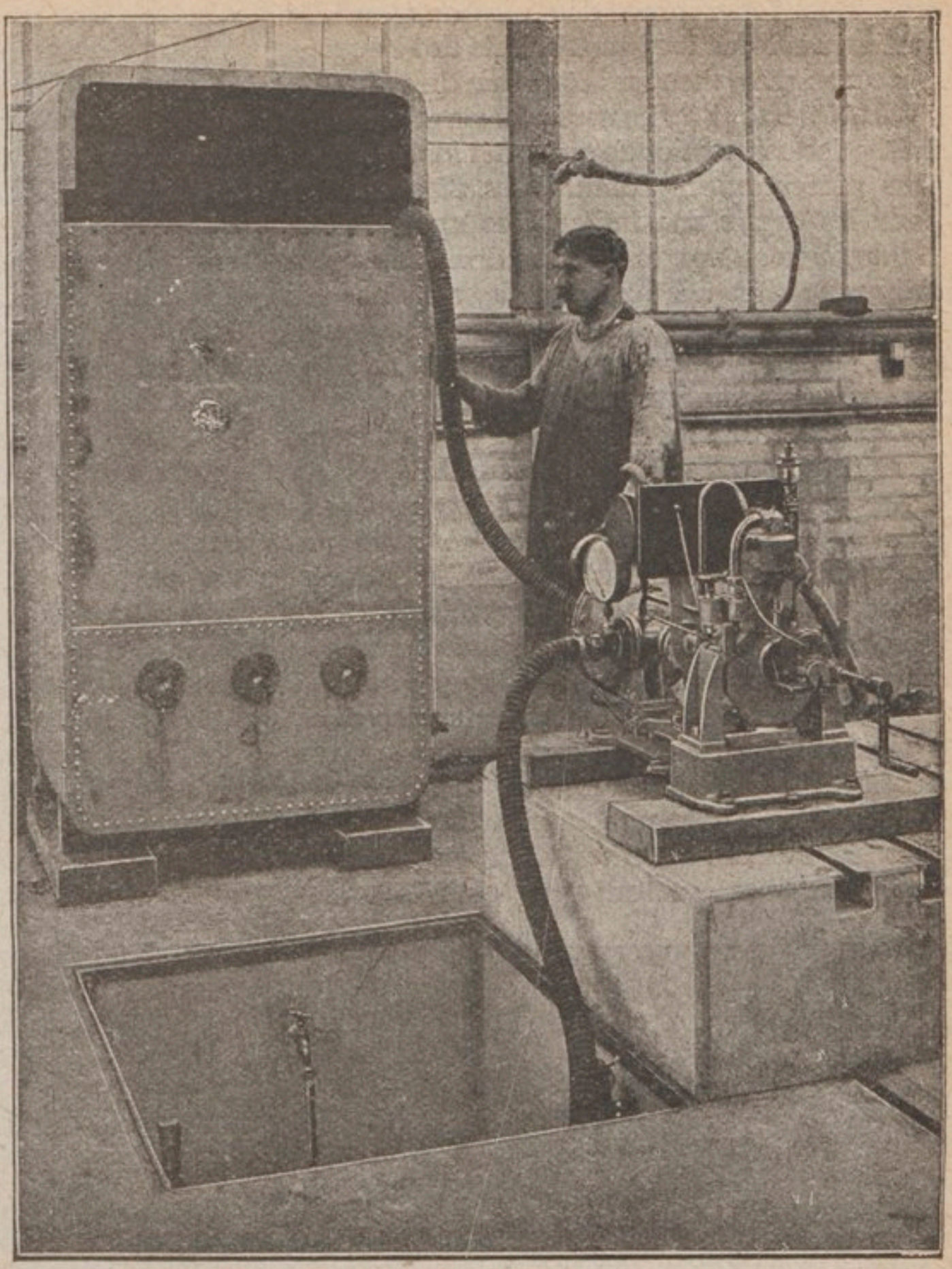
La *dynamo-dynamomètre* système Panhard-Levassor-Hillairet-Huguet permet de mesurer d'une façon très précise la consommation totale en combustible liquide d'un moteur durant un temps très court. Le cinémo-manomètre Richard, qui l'accompagne, et qu'on voit au premier plan de la photo ci-contre, effectue les déterminations simultanées du couple moteur, de la vitesse et du débit grâce au débit-mètre, récipient en verre de volume connu muni de deux robinets. Un accouplement élastique réunit le moteur à la dynamo, et la méthode repose sur l'appréciation du temps de consommation d'un volume connu de combustible.

Au cours des essais, la vitesse angulaire doit être bien constante et le couple-moteur très fixe, sinon le rapport de la consommation totale pendant un temps donné au travail total correspondant fournirait une consommation spécifique imprécise, car elle ne se rapporterait pas à une puissance déterminée. L'expérimentateur s'efforcera donc de limiter le plus possible la durée de l'essai, en réalisant une vitesse angulaire et un couple constant pendant le temps nécessaire. Il s'assurera, d'autre part, avec le plus grand soin, que le débit-mètre mesure très exactement la consommation totale en combustible.

En face de cet appareil se trouve accouplé à un des moulinets dynamométriques Renard, tournant à l'extérieur de la salle, un moteur Cote de marine, type moyen de 70 chevaux.

A côté de la dynamo-dynamomètre, voisine l'installation permettant la mesure des débits d'eau. Le groupe en essai est une moto-pompe Tony-Huber. En bas de la cuve verticale, on remarque les trois ajustages calibrés, et un tube en verre, sis le long du réservoir, indique la hauteur du liquide qu'il renferme (figure ci-contre).

Les divers bancs établis dans cette grande salle possèdent une canalisation spéciale amenant l'eau nécessaire au refroidissement des moteurs pendant leur fonctionnement et branchée sur la conduite générale du laboratoire. Près de chacun d'eux se trouve une fosse remplie d'eau avec un tube de trop-plein formant siphon et le pot d'échappement. Les gaz, évacués par la même canalisation qui sert à la vidange de la fosse, sont repris à l'extérieur du laboratoire dans un puisard d'où un aspirateur les rejette aussitôt dans l'air, en sorte que les moteurs fonctionnent sans le moindre bruit.



ESSAI D'UNE MOTO-POMPE SYSTÈME TONY-HUBER

Le débit de la pompe s'évalue tout naturellement au moyen d'un récipient préalablement jaugé.

Examinons à présent les instruments de physique et de chimie placés dans ce même établissement. Voici d'abord la *machine à essayer les huiles de graissage* en vue de la détermination des coefficients de frottement. Retenons seulement le principe du fonctionnement de cet appareil très ingénieux, inventé par le chef du laboratoire de l'Automobile-Club, M. l'ingénieur G. Lumet.

Un cylindre tourne à l'intérieur d'un autre. Le cylindre intérieur est muni de segments que l'on applique contre la paroi interne du cylindre extérieur au moyen d'une pression d'huile qu'on détermine à l'aide d'un manomètre. Le frottement se mesure par le déplacement d'un poids le long du levier. D'autre part, un brûleur à gaz chauffe l'ensemble des deux cylindres, et la température de la couche d'huile, qui se trouve entre les surfaces frottantes, se détermine très exactement à l'aide de couples thermo-électriques.

Enfin, divers autres appareils — sur lesquels nous ne saurions nous appesantir sans trop allonger cet article — complètent l'outillage de ce laboratoire véritablement *up-to-date*, comme diraient nos alliés d'Amérique. Citons en particulier la *balance dynamométrique* pour l'essai des moteurs d'aviation ; le *tachymètre stroboscopique* ; le dispositif pour la détermination de la *puissance des projecteurs*, si utiles dans la guerre actuelle ; l'*accéléromètre Auclair*, pour l'étude des modes de suspension des automobiles, et le *vibromètre Bourlet de Guiche*, qui permet de mesurer les vibrations des châssis.

Quittons à présent la mécanique pour les *industries chimiques*. Là encore, le besoin de laboratoires annexés aux usines se fera sentir impérieusement dans toutes les branches,

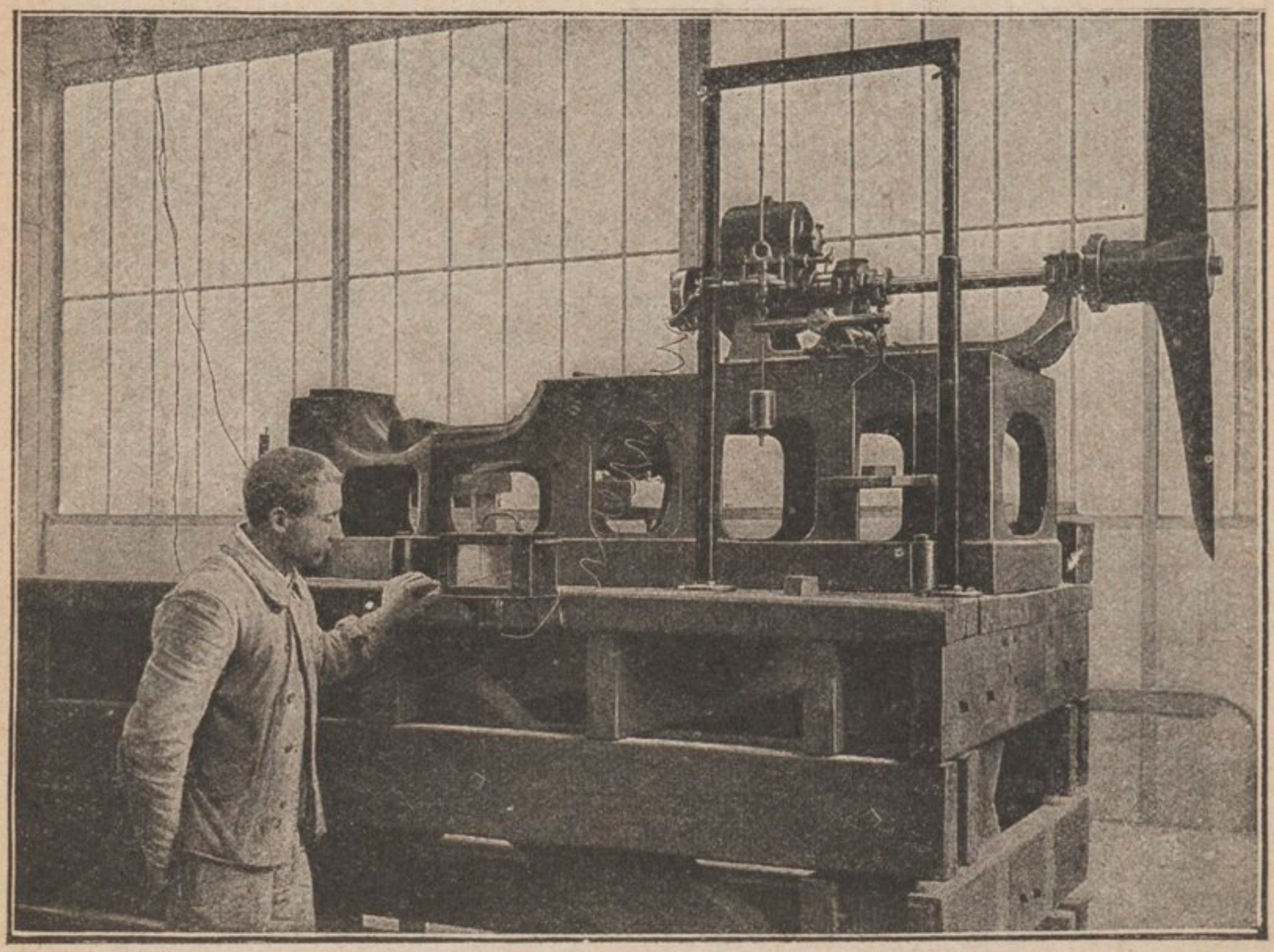
depuis la fabrication des parfums ou des matières colorantes jusqu'à celle des bougies, des corps gras, du sucre et même du pain. On s'y livre surtout à des *analyses* au moyen des méthodes connues et de quelques instruments plus perfectionnés comme des *viscosimètres* pour les essais des huiles, des appareils *de Wiborgh* ou autres destinés au dosage des gaz; on y rencontre des *balances de précision*, des *postes d'électrolyse*, des *batteries d'accumulateurs*, des *galvanomètres enregistreurs* et divers instruments de physico-chimie.

Dans cet ordre d'idées, nous décrirons, pour finir, l'original *Laboratoire du Syndicat de la Boulangerie parisienne*, que les hostilités ont mis en vedette. Dirigé avec autorité depuis sa fondation par M. Marcel Arpin, cet établissement ne tarda pas à se développer et à rendre de signalés services ; en particulier depuis la guerre, on y a analysé des centaines d'échantillons de farines et on y a procédé à de nombreux essais de panification. L'examen chimique d'une farine présente, en effet, une importance capitale pour le boulanger aussi bien que pour le consommateur, surtout par ces temps de disette et de restrictions alimentaires.

D'après les intéressants travaux de M. Fleurent, 1 % de gluten sec dans la farine augmente de 5 kilogrammes le rendement du pain. En d'autres termes, si l'on prend le même poids (100 kilogrammes, par exemple) de deux farines dont l'une titre 7 % et l'autre 8 % en gluten, la première fournira 5 kilogrammes de pain de moins que la seconde.

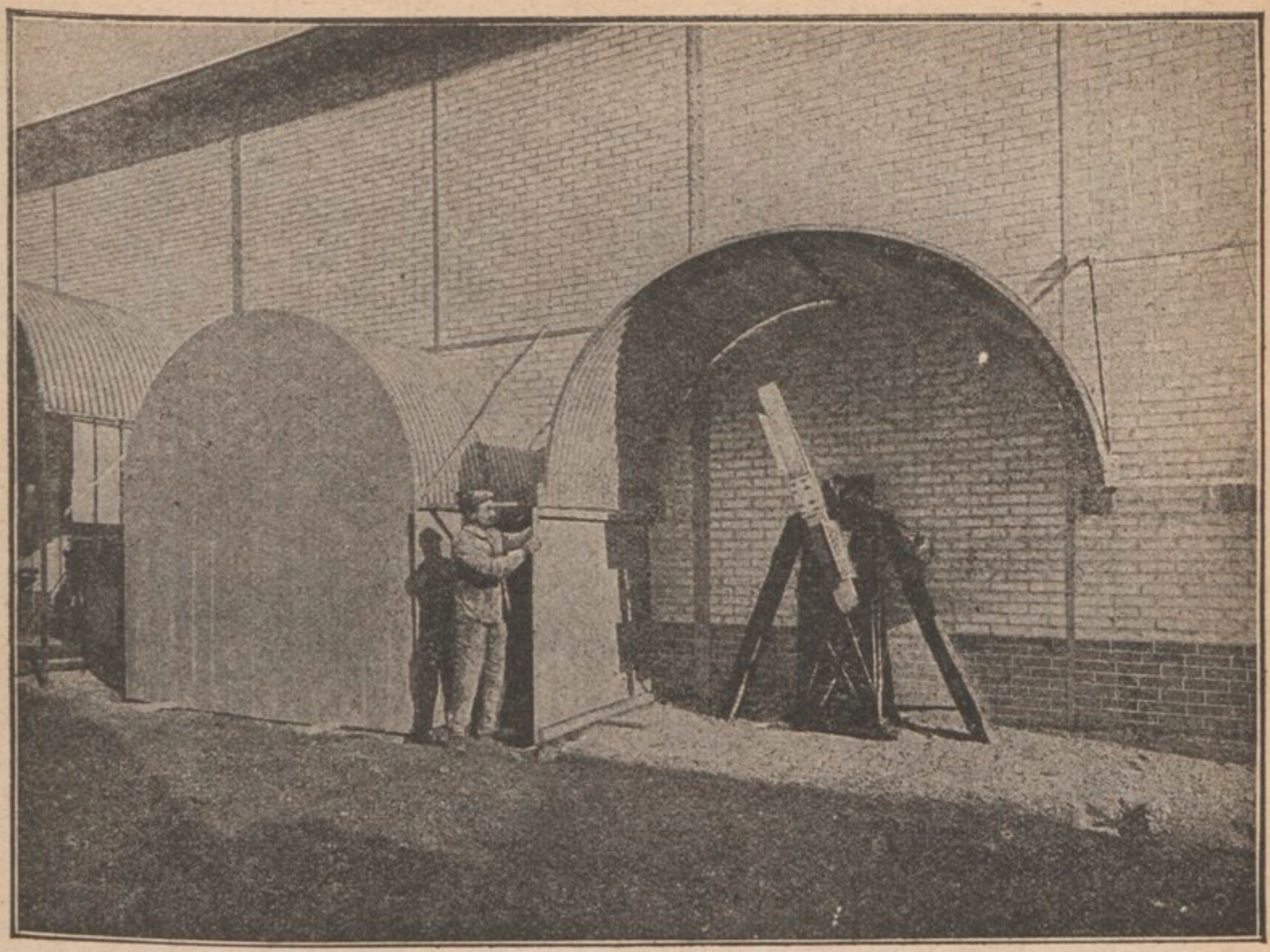
La teneur en gluten offre aussi beaucoup d'intérêt au point de vue alimentaire, puisque le gluten représente les matières azotées de la farine. Tous les boulangers devraient donc payer leurs farines d'après la proportion de gluten qu'elles renferment (comme les fabricants de sucre achètent leurs betteraves d'après leur titre en saccharose), tandis qu'avant la guerre, ils se les procuraient au poids, d'après leur provenance et leur mouture et sans connaître leur composition.

Du reste, en temps de paix, ce mode d'achat des farines était beaucoup plus juste, car la teneur en gluten des blés tendres français varie beaucoup. Elle oscille entre 6 et 10 %, selon les conditions climatériques de l'année et aussi à cause de la tendance



INSTALLATION POUR LES ESSAIS DE ROTATION DES HÉLICES AÉRIENNES

La force propulsive d'une hélice d'aéroplane ou de dirigeable se mesure, au moyen de « la plate-forme universelle », grâce à un jeu de poids et à un double levier.



MOULINETS DYNAMOMÉTRIQUES IMAGINÉS PAR LE COLONEL RENARD

Ces appareils sont installés au laboratoire de l' Automobile-Club de France, à l'extérieur. Ils sont abrités par une sorte de toiture semi-circulaire en tôle ondulée.

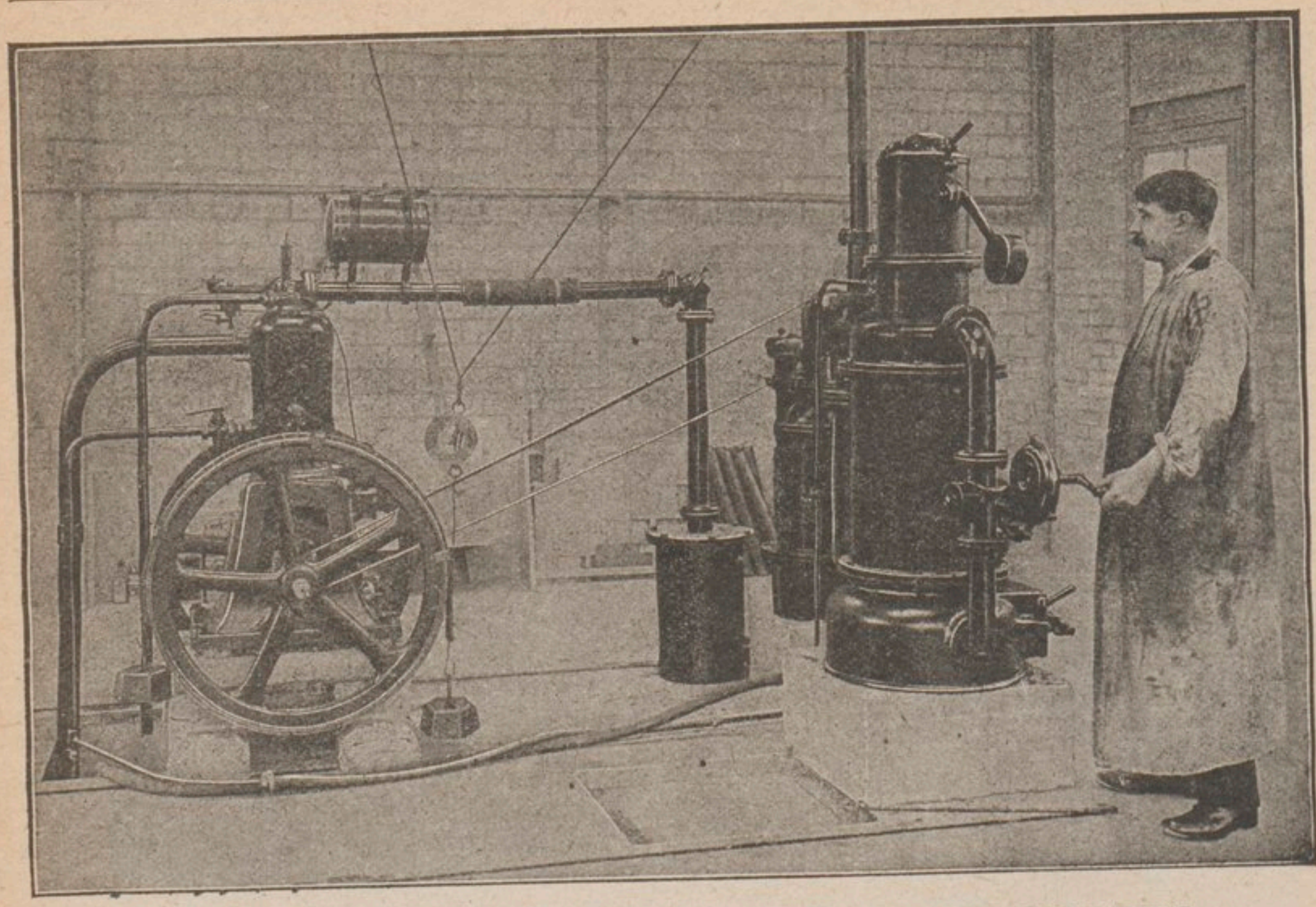
des cultivateurs, qui recherchent de plus en plus les variétés de céréales à grand rendement. Or, comme on a constaté que la quantité de gluten produite par une surface déterminée de terrains est fixe, que la variété cultivée soit faible ou à grand rendement, dans le premier cas, on obtient une petite quantité de grains très riches en gluten, alors que le contraire se produit dans le second cas.

Les *analyses chimiques* effectuées au laboratoire du syndicat se divisent en deux catégories : les analyses commerciales, qui permettent de se rendre compte de la valeur marchande d'une farine ; elles comprennent le dosage de l'humidité, du gluten humide et sec, de l'eau d'hydratation du gluten, l'examen physique (aspect, odeur, saveur) et l'analyse microscopique. Dans les analyses complètes, on détermine l'humidité, le gluten humide et sec, l'eau d'hydratation du gluten, les matières grasses, les cendres, l'acidité, l'examen physique et microscopique, la recherche des altérations et falsifications.

Le dosage de l'humidité, assez délicat à effectuer, est utile à connaître, car la farine, corps très hygrométrique, absorbe et perd avec facilité l'eau atmosphérique.

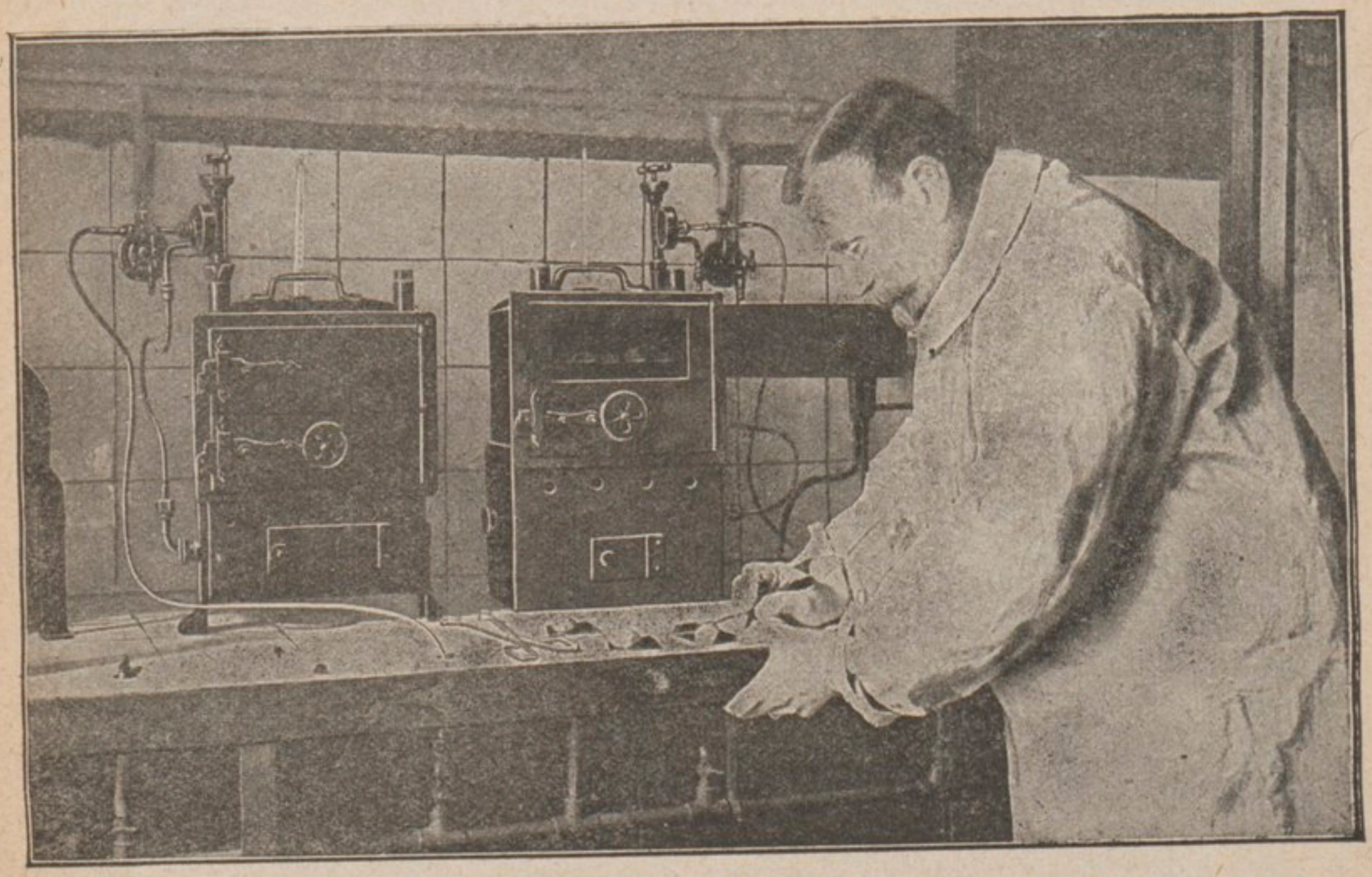
La proportion de cette dernière varie de 13 % en été à 16 % en hiver. Ainsi, un boulanger qui achète au mois d'août, par exemple, cent sacs de farine à 17 % d'humidité (au lieu de 13 % qu'elle devrait avoir en cette saison), paye donc inutilement 400 kilogrammes d'eau à son fournisseur !

On dose à la fois le son, le gluten et l'amidon. Pour cela, on prend un poids quelconque de farine, on y ajoute de l'eau pour faire une pâte qu'on laisse reposer une heure environ. Au bout de ce temps, on met la masse pâteuse dans un petit linge et on la malaxe sous un filet d'eau. La chimiste (car au laboratoire du quai d'Anjou on confie aujourd'hui cette besogne à des préparatrices) reçoit, sur un tamis posé dans une terrine, tout ce qui s'échappe du linge. Elle continue la manipulation jusqu'à ce que le liquide s'écoule limpide. Le son, avec une certaine quantité de gluten, reste sur le tamis. Quant à l'amidon, il est entraîné par l'eau. L'aide rassemble alors le gluten du



ÉTUDE POUR LA MISE AU POINT D'UN MOTEUR JAPY AU GAZ PAUVRE

Près de chaque moteur en essai se trouve une fosse remplie d'eau avec un tube de trop-plein. Les gaz évacués sont repris à l'extérieur dans un puisard d'où ils sont rejetés dans l'air.



ANALYSE DES FARINES AU LABORATOIRE DU SYNDICAT DE LA BOULANGERIE

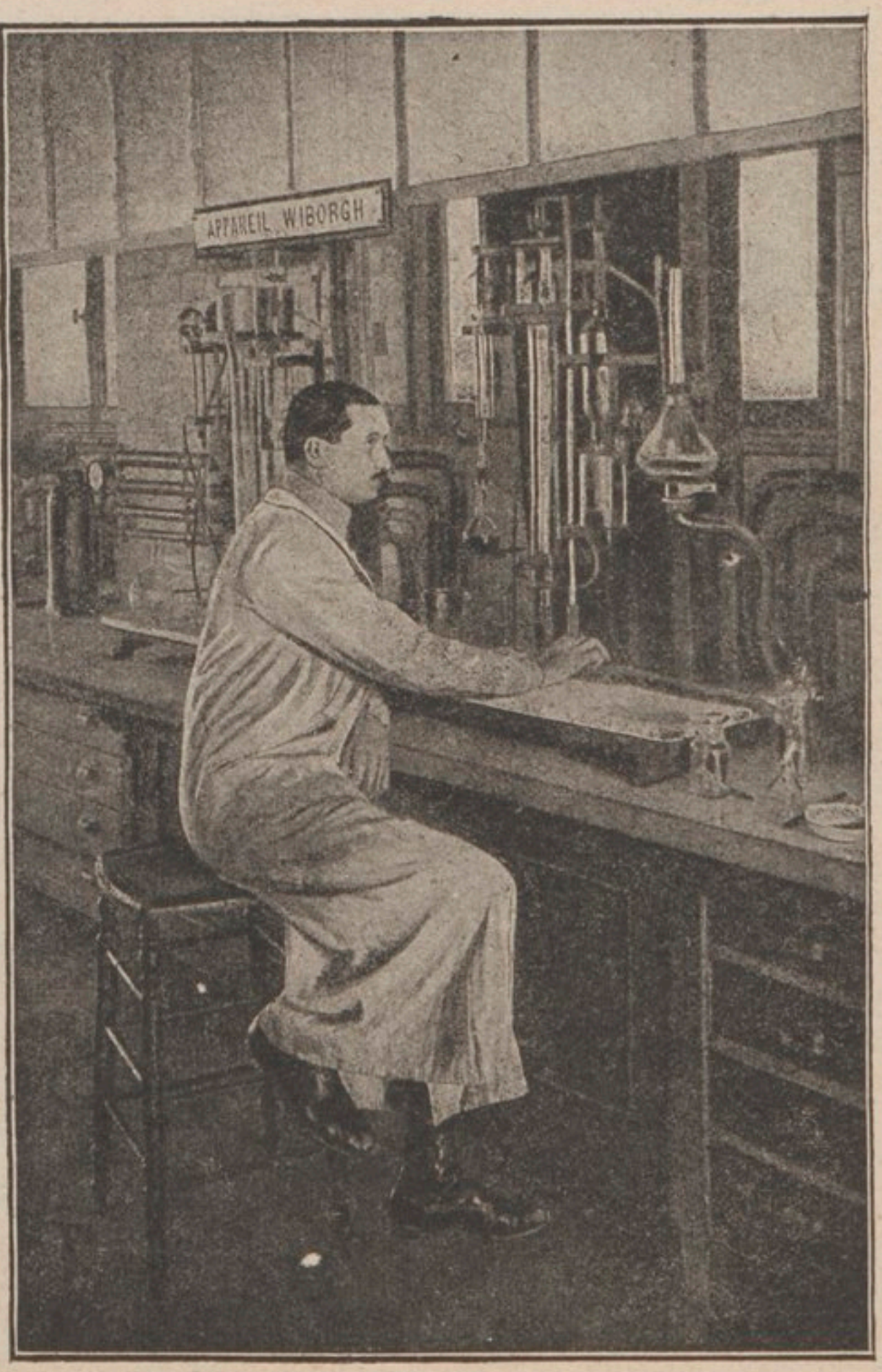
Le chimiste préposé à ce travail extrêmement délicat réunit le gluten en petits paquets d'un poids égal, puis il les introduit dans une étuve pour les soumettre à la dessiccation.

rouet avec celui qu'elle recueille soigneusement sur le tamis et met à part le son et l'amidon. La dessiccation des produits à l'étuve fournit avec exactitude leur poids réel.

Pour évaluer la richesse des farines en gluten, on s'adresse à deux procédés. Le premier repose sur la propriété que possède l'acide acétique faible de dissoudre le gluten et les matières albuminoïdes de la farine sans altérer le principe amylacé. Le liquide ainsi traité aura donc une densité d'autant plus grande qu'il contiendra plus de produits dissous. On prend cette densité à l'aide d'un aéromètre dit « appréciateur des farines », gradué de façon spéciale ; chaque degré de l'instrument représente un pain de 2 kilogrammes lorsqu'on emploie la quantité de farine renfermée dans un sac de 159 kilogrammes. L'essai s'exécute en prenant 24 à 32 grammes de farine, suivant l richesse présumée de celle-ci en gluten, et on les délaye dans un mortier de porcelaine avec 186 ou 250 grammes d'eau distillée acidulée par l'acide acétique. Après dissolution des substances azotées, on laisse déposer l'amidon, on décante la liqueur dans une éprouvette et on n'a plus qu'à y plonger l'appréciateur pour lire le degré.

La seconde méthode servant à reconnaître les propriétés panifiables des farines et permettant de juger la qualité du gluten qu'elles renferment fut imaginée par Bolland. Pour l'appliquer, on commence par composer une pâte avec 30 grammes de la farine à essayer et 15 grammes d'eau. Ensuite, on extrait le gluten, on le presse pour le débarrasser autant que possible de son eau et on pèse 7 grammes exactement. On continue l'essai au moyen de l'*aleuromètre*, constitué par un tube creux en cuivre dans lequel on introduit l'échantillon. Une tige métallique graduée en vingt-cinq divisions et terminée à son extrémité par une petite plaque horizontale descend jusqu'au tiers du cylindre, mais peut remonter au travers d'une ouverture ménagée dans le couvercle. L'instrument étant ainsi disposé, on le plonge dans un bain d'huile chauffé à 150°. Le gluten se boursoufle alors et soulève plus ou moins le piston. La hauteur atteinte par la tige graduée de ce dernier mesure le pouvoir panifiable du gluten. Le boulanger doit rejeter impitoyablement toute farine qui n'arrive pas à soulever la tige ou qui donne un gluten visqueux adhérent au tube ou dont l'odeur est désagréable.

Les matières fixes se dosent en incinérant un poids donné de farine, dans une capsule de platine tarée et en recherchant la potasse, la soude, la chaux, la magnésie, l'oxyde de



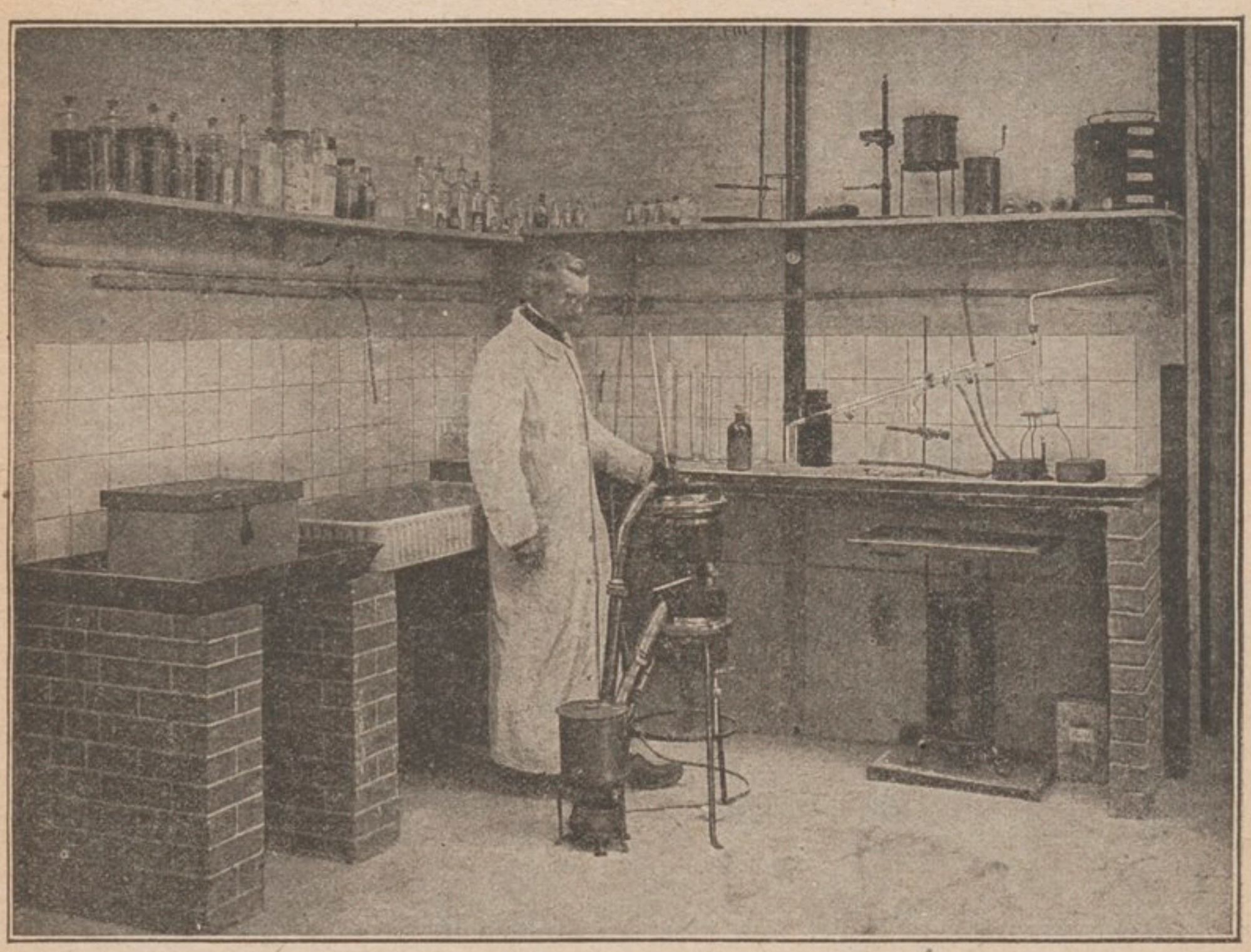
APPAREIL WIBORGH POUR ANALYSES CHIMIQUES

Dans les laboratoires de chimie industrielle, il est nécessaire de procéder à la mise au point des nouvelles méthodes, à des recherches spéciales et surtout à l'exécution d'analyses très précises au moyen d'appareils perfectionnés tels que celui de Wiborgh, que reproduit cette photographie.

fer, l'acide phosphorique et autres corps qu'on rencontre dans les cendres. On utilise les procédés ordinaires de la chimie analytique. Les chiffres obtenus mettent sur la voie des altérations ou des falsifications.

La farine altérée possède une odeur spéciale et une saveur piquante, tandis que sa

froment est d'ailleurs autorisé. Fréquemment, le laboratoire du syndicat examine des échantillons de pain prélevés chez les boulangers français; il possède les microscopes et autres instruments nécessaires pour les analyses les plus subtiles. En outre, un local spécial a été aménagé en laboratoire



ESSAI DES HUILES DE GRAISSAGE POUR MACHINES AU MOYEN DU VISCOSIMÈTRE

Avant de livrer les huiles de graissage à l'industrie, il est indispensable de se rendre compte de leur degré de viscosité, car c'est là une des qualités essentielles des produits.

couleur tourne au rouge. Au microscope, on y observe des spores de champignons. Quant aux ruses employées par les fraudeurs d'hier et d'aujourd'hui, il faudrait un volume pour les décrire. Citons-en quelques-unes des plus fréquemment observées par les experts.

Parfois, on allonge les farines avec des fécules de riz ou de maïs, d'orge, de seigle ou autres céréales ; tantôt on y incorpore des substances ayant pour but de masquer leurs défauts. Tantôt, on y ajoute des matières inertes comme le talc, témoin cette colossale affaire dans laquelle trente-deux minotiers ou négociants en farine de la région de Limoux furent impliqués, avant la guerre.

Depuis les hostilités, l'emploi de certains ersatz » ou succédanés de la farine de

de photographie microscopique qui comprend, indépendamment d'un appareil photomicrographique Nachet, un récipient à gaz oxygène muni d'un manomètre avec régulateur pour la production de la lumière oxhydrique et un cabinet noir. Souvent, en effet, on a intérêt à conserver l'image du microscope particulièrement dans la recherche des altérations ou des falsifications des farines.

Comme cette étude écourtée le montre, les laboratoires industriels sont aujourd'hui des *annexes indispensables* des usines mécaniques ou chimiques, de l'atelier aussi bien que des fabrications agricoles, en un mot, de n'importe quel établissement ou se transforme la matière.

JACQUES FERMONT.

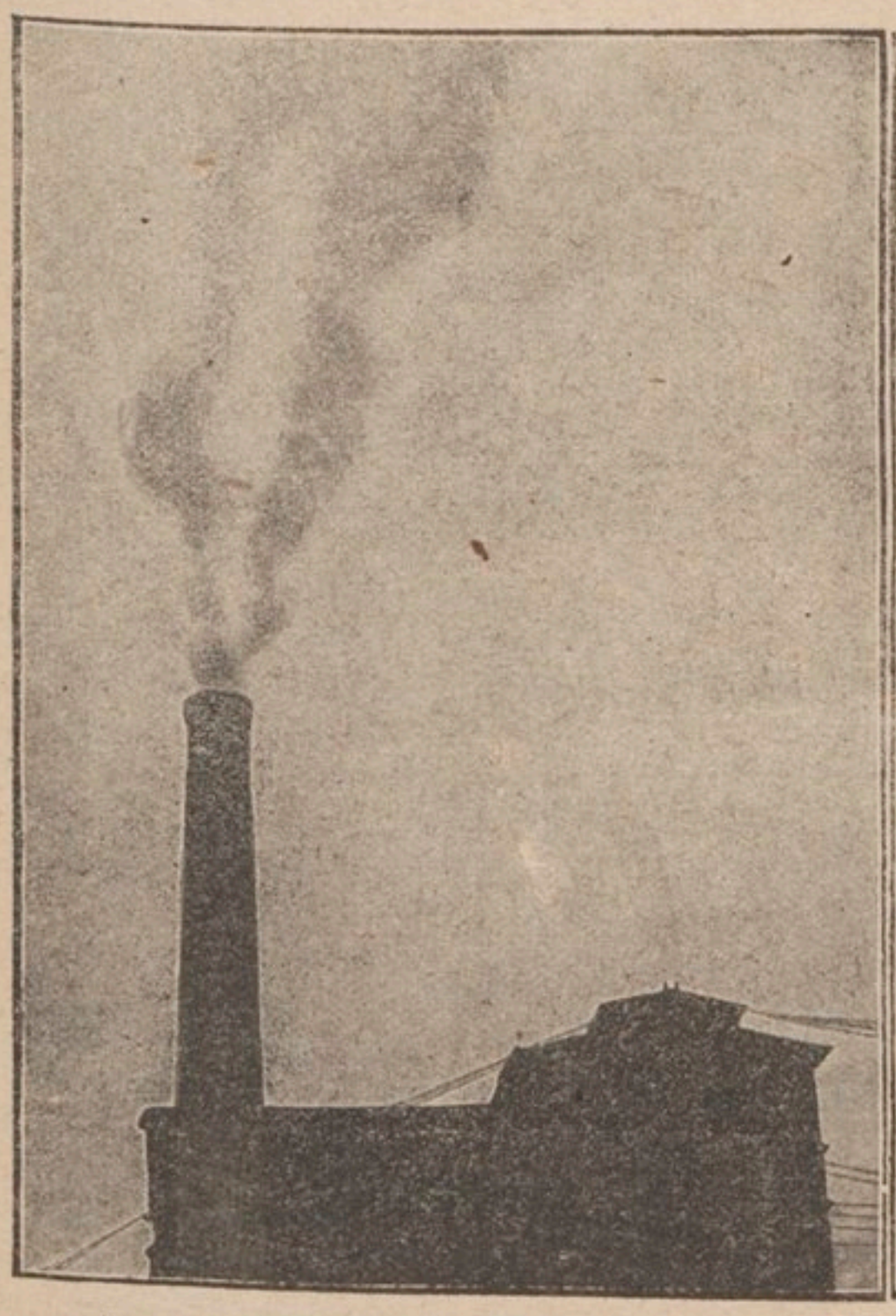
LA PURIFICATION ÉLECTRIQUE DES FUMÉES ET DES GAZ

Par Marcel GUILLAUMAUD

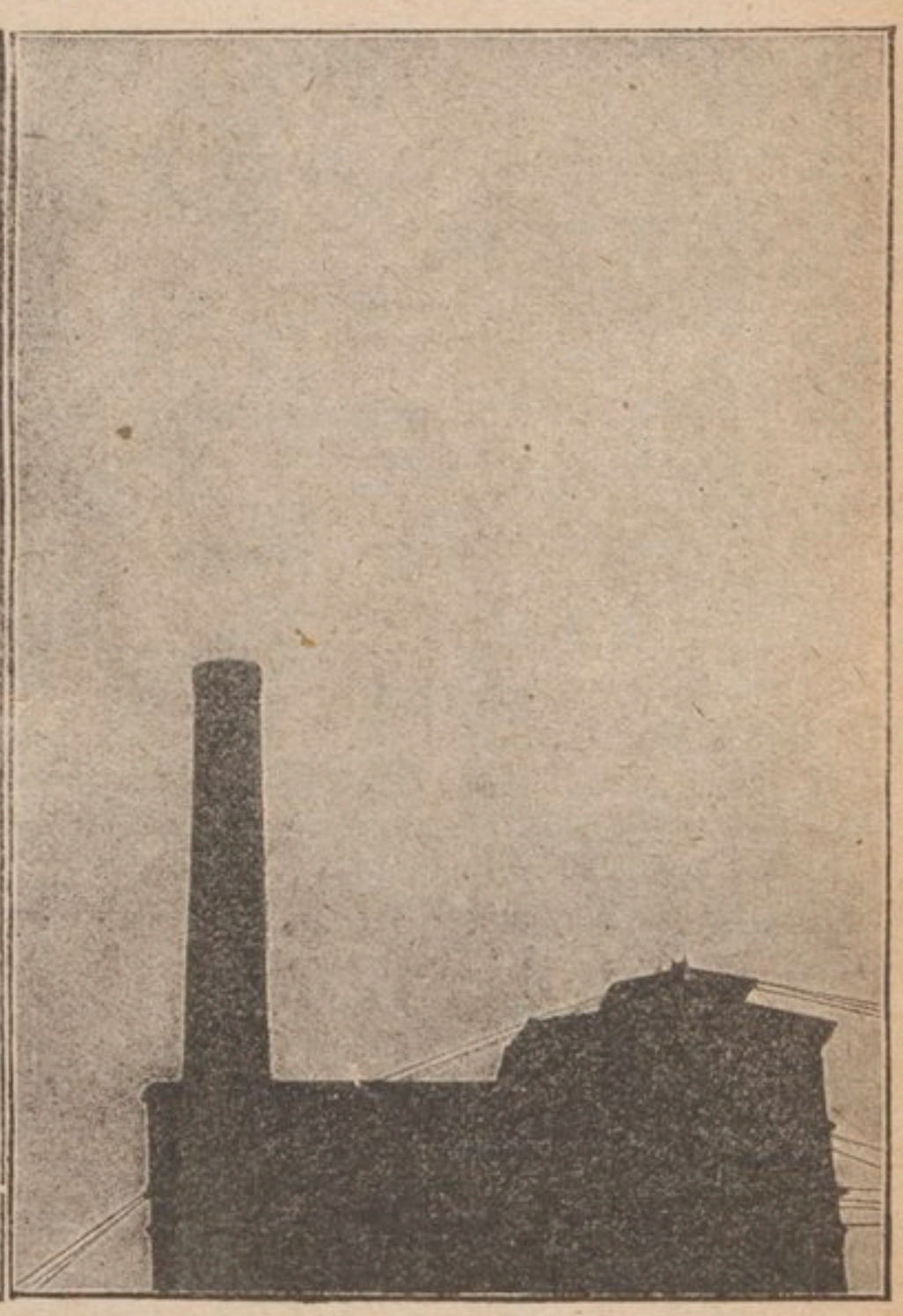
Si la ville de Lyon est fière de voir ses environs se couvrir d'usines nouvelles, si elle se réjouit à l'espoir de devenir bientôt une des plus importantes cités industrielles de France, elle est soucieuse aussi d'assurer le bien-être de ses habitants. Elle a compris que la suppression des fumées d'usines est une question primordiale d'hygiène pour la population et de protection des champs cultivés qui l'entourent. Ce double problème, développement industriel et salubrité publique, préoccupe la municipalité lyonnaise qui, pour le résoudre, étudie en ce moment, avec une louable attention, différents procédés qui lui sont soumis.

Les fumées, gaz, vapeurs qui s'échappent des cheminées d'usines, entraînent des particules solides ou liquides infiniment petites, des poussières qu'il y a tout intérêt à précipiter. Ce n'est pas d'aujourd'hui que la question se pose, puisque, déjà, au moyen âge, on se plaignait de ce fléau, et que l'illustre Watt, lui-même, en 1785, faisait breveter un procédé pour la précipitation des fumées, procédé qui ne fut jamais appliqué.

Les études faites depuis ont démontré que le point de vue sanitaire n'était pas le seul à considérer, mais que l'industrie même devait trouver un important bénéfice à récupérer des quantités considérables de sous-



FUMÉE SORTANT D'UNE CHEMINÉE QUAND LE PRÉCIPITATEUR NE FONCTIONNE PAS



LORSQUE LE PRÉCIPITATEUR FONCTIONNE, IL NE SORT QUE DES GAZ INVISIBLES

produits rejetés journellement dans l'atmosphère en pure perte.

Les gaz perdus contiennent encore, en effet, dans les fonderies et raffineries métallurgiques, des métaux tels que le cuivre, le plomb, l'étain, le zinc, l'or, l'argent, le nickel et des éléments moins connus comme l'arsenic, le bismuth, le sélénium, le tellurium, le palladium, l'antimoine. On cite telle importante fonderie américaine dont la valeur des métaux déversés dans l'atmosphère sous forme de fumées par ses cheminées pouvait s'estimer à 20.000 francs par jour. On comprend aisément l'intérêt qu'il y a à récupérer ces pertes.

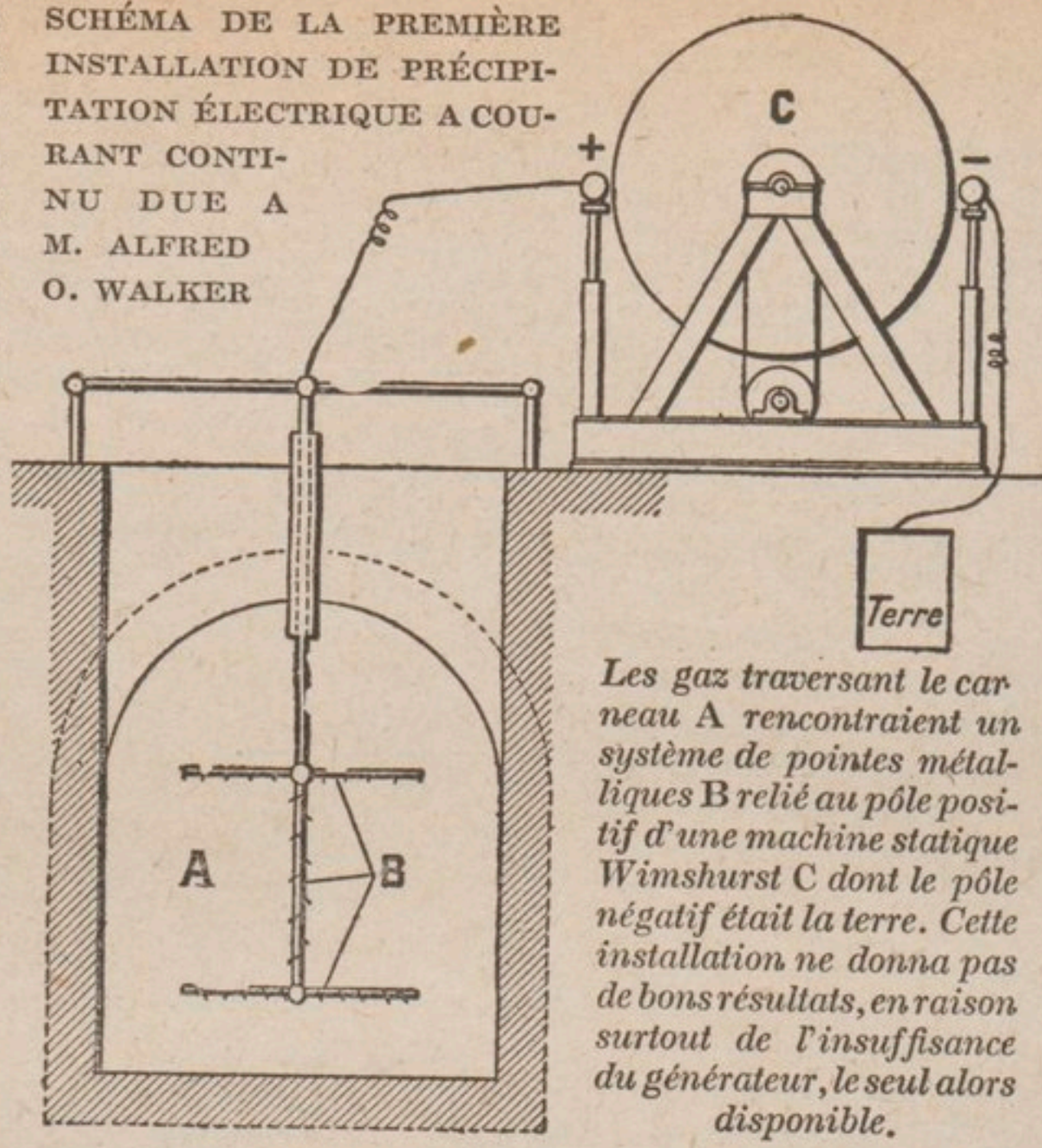
La méthode la plus rationnelle semble évidemment devoir être d'améliorer le plus possible les conditions de la combustion, de manière à assurer une oxydation complète des particules de carbone et de matières grasses dans le foyer lui-même, ce qui permet de n'émettre à l'extérieur, par les cheminées, que du gaz acide carbonique et de la vapeur d'eau. Le problème de la combustion a déjà été traité ici dans une étude consacrée à la construction des cheminées d'usine.

Mais, à côté de la fumée due à la combustion imparfaite du combustible, existent d'autres vapeurs et poussières issues de fabrications industrielles qui ne peuvent pas être converties en gaz inoffensifs et invisibles par le seul fait d'une meilleure combustion, et qui n'en sont pas moins nuisibles à la vie animale et végétale. Il faudrait donc, pour bien faire, brûler certains gaz, neutraliser certaines vapeurs et abattre les poussières et la suie.

Différentes méthodes sont déjà employées pour obtenir la séparation des particules solides ou liquides en suspension dans les gaz perdus : le lavage, le filtrage, la force centrifuge et enfin, dernière venue, la purification par l'électricité, que nous allons étudier plus particulièrement.

Là où le lavage est employé, on utilise

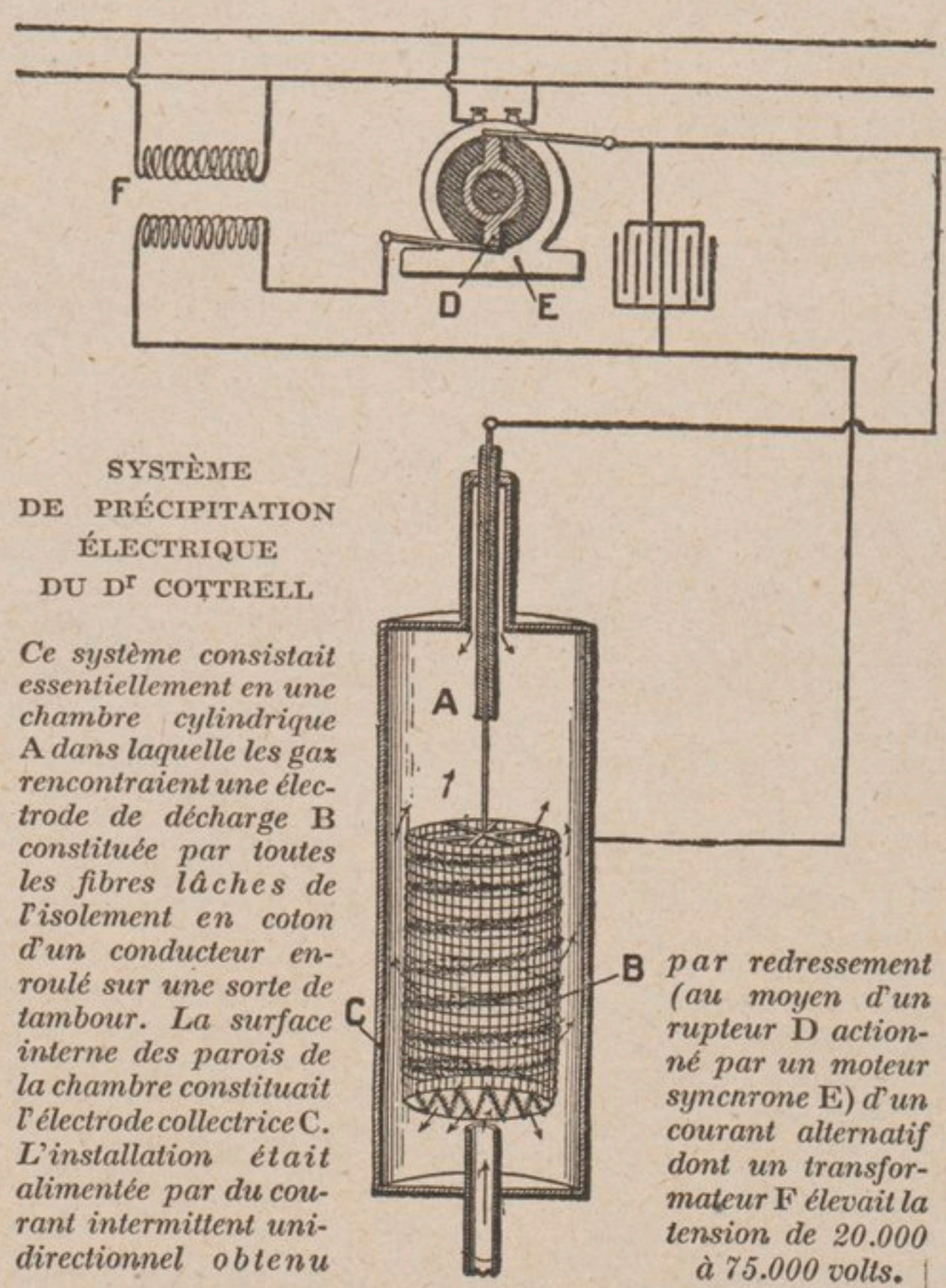
SCHÉMA DE LA PREMIÈRE INSTALLATION DE PRÉCIPITATION ÉLECTRIQUE A COURANT CONTINU DUE A M. ALFRED O. WALKER



Les gaz traversant le carneau A *rencontraient un système de pointes métalliques* B *relié au pôle positif d'une machine statique Wimshurst* C *dont le pôle négatif était la terre. Cette installation ne donna pas de bons résultats, en raison surtout de l'insuffisance du générateur, le seul alors disponible.*

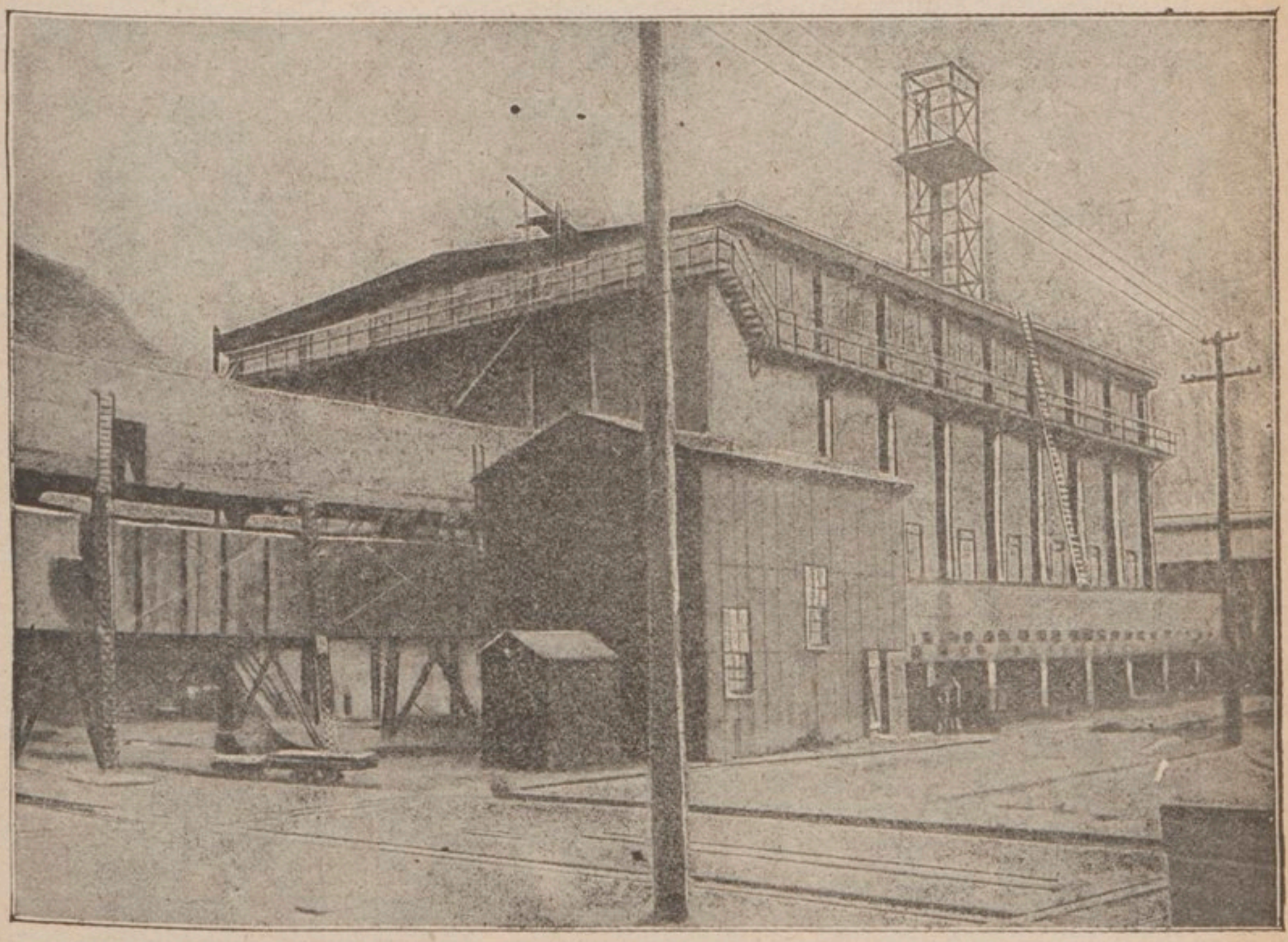
SYSTÈME DE PRÉCIPITATION ÉLECTRIQUE DU Dr COTTRELL

Ce système consistait essentiellement en une chambre cylindrique A *dans laquelle les gaz rencontraient une électrode de décharge* B *constituée par toutes les fibres lâches de l'isolement en coton d'un conducteur enroulé sur une sorte de tambour. La surface interne des parois de la chambre constituait l'électrode collectrice* C. *L'installation était alimentée par du courant intermittent unidirectionnel obtenu par redressement (au moyen d'un rupteur* D *actionné par un moteur syncnrone* E) *d'un courant alternatif dont un transformateur* F *élevait la tension de 20.000 à 75.000 volts.*



de fins jets d'eau, ou, parfois, avec des appareils spéciaux, on les « baratte » littéralement. Mais l'emploi de ce système est limité par des considérations monétaires dues surtout à la puissance mécanique qu'il faut dépenser pour réaliser un parfait lavage des gaz.

Le filtrage des gaz à travers des épaisseurs de tissus, notamment dans l'industrie du zinc et du plomb, a l'avantage de recueillir



VUE D'UNE CHAMBRE DE FILTRAGE POUR L'ÉPURATION DES FUMÉES

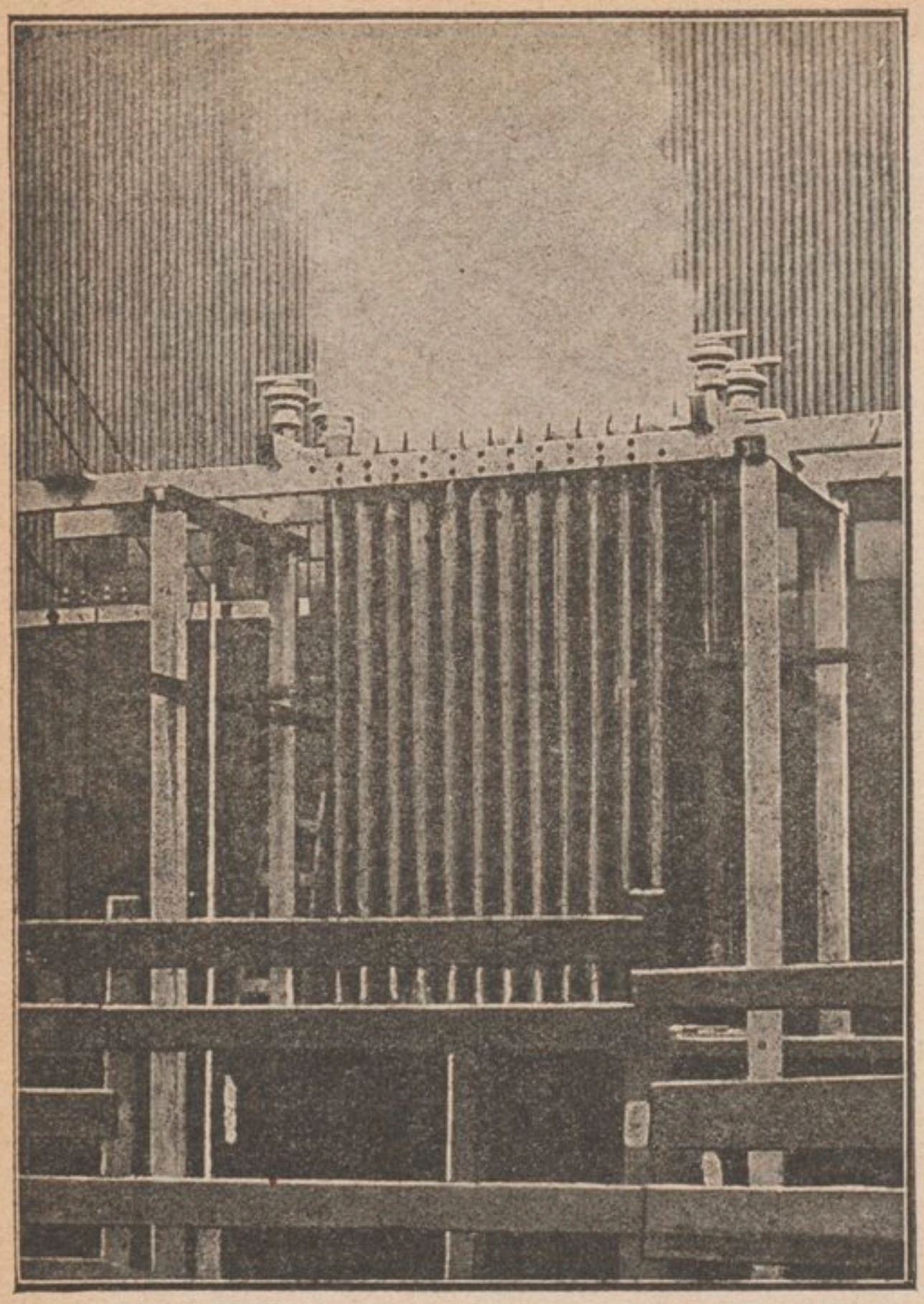
Les gaz perdus provenant des foyers sont amenés, dans ce bâtiment, à traverser plusieurs épaisseurs de tissu de coton ou de laine qui arrêtent au passage toutes les impuretés solides. Cette méthode ne convient cependant pas lorsque les gaz sont très chauds et chargés d'acide.

les particules solides à l'état sec et, pour des volumes égaux de gaz traités, les dépenses d'installation et d'entretien sont généralement de beaucoup inférieures à celles nécessitées par le procédé du lavage.

L'inconvénient du filtrage est principalement l'absence actuelle d'un tissu qui supporterait, sans se détériorer, les hautes températures des gaz ainsi que les acides et les autres agents corrosifs qu'ils renferment. Le coton donne toute satisfaction quand on se trouve en présence de gaz modérément chauds et exempts d'acides ; la laine, plus chère, supporte une certaine teneur en acide, mais, pour bien faire, dans l'industrie du plomb et surtout celle du cuivre, il faudrait neutraliser d'abord les gaz perdus en y ajoutant des oxydes basiques appropriés. La dépense, de ce chef, est à considérer ; certaines usines françaises pour le traitement des produits chimiques consentent à sacrifier, annuellement, 20 à 30.000 francs de flanelles pour leurs filtrations, et c'est là une belle somme.

La résistance offerte par le tissu au passage des gaz, surtout après que les matières solides ont commencé à en obstruer les pores, complique sérieusement le problème quand il s'agit de grandes installations, car la puissance de ventilation qu'il faut prévoir pour maintenir le tirage est souvent considérable. L'emploi de filtres en fils métalliques ou en fibres d'amiante, d'une part, le filtrage au travers de chambres remplies de coke, de gravier, de sable, de sciure, de mâchefer désagrégé et même de fibres d'amiante, d'autre part, n'ont pas donné non plus les résultats qu'on attendait de ces procédés, sauf dans des cas particuliers.

L'interposition de conduits ou chambres



INSTALLATION D'ESSAI DANS UNE FONDERIE DE CUIVRE (CIRCUIT OUVERT)

L'appareil était formé de 24 tubes en acier que traversait une partie des gaz provenant d'un convertisseur.

de repos sur le trajet d'échappement des gaz perdus, en diminuant temporairement leur vitesse, aide grandement à la séparation par gravité des matières en suspension. Leur efficacité est encore accrue si l'on y installe des chicanes constituées par des plaques suspendues dans ces chambres ou des fils tendus d'un mur à l'autre ou du plafond au plancher ; mais cette augmentation de l'efficacité se fait, bien entendu, aux dépens du tirage, qui doit donc être augmenté soit par une hauteur additionnelle des cheminées, soit par une ventilation artificielle.

La purification des gaz au moyen de la force centrifuge peut se faire de deux façons : 1° les gaz sont amenés à pénétrer tangentiellement dans un récipient stationnaire cylindrique et en sont extraits verticalement par le haut, suivant l'axe du récipient, auquel cas les poussières ont tendance à être rejetées vers la périphérie et tombent finalement dans un récipient spécial placé en dessous ; 2° ils sont amenés à pénétrer par un canal central vertical dans un récipient cylindrique animé d'un mouvement de rotation rapide et muni, de préférence, à l'intérieur, de chicanes appropriées. La poussière se dépose sur les parois de la chambre et des chicanes d'où elle peut être enlevée ensuite de différentes façons. Le premier procédé ne se prête, on le conçoit, qu'à la séparation des poussières à gros grains ; quant au second, qui permet de traiter des poussières très fines, il a l'inconvénient, quand, surtout, on se trouve en présence de gros volumes de gaz à traiter, de nécessiter des appareils de dimensions considérables et qu'on ne peut animer de la grande vitesse nécessaire à la séparation parfaite, qu'au prix d'une puissance mécanique absolument ruineuse.

Nous arrivons maintenant à la dernière méthode, de beaucoup la plus intéressante : celle de la précipitation électrique des fumées et des vapeurs.

Au point de vue de la théorie pure, l'idée de la séparation des particules en suspension dans les gaz, au moyen de décharges électriques remonte assez loin, puisqu'elle fut suggérée la première fois, dit-on, en 1824, par Hohlfeld comme moyen de supprimer la fumée ordinaire, puis, vingt-cinq ans plus tard, par Guitard. Complètement oubliée pendant de longues années, cette idée ne revit le jour qu'en 1886, année au cours de laquelle sir Oliver Lodge « redécouvrit » le phénomène. Mais, au point de vue commercial, ni Lodge, ni M. W.-M. Hutchings, auquel il prêta son concours, ni d'autres, ne purent trouver une méthode pratique et bon marché pour effectuer efficacement cette précipitation.

C'est vers 1905 que la question fut reprise, certains fabricants d'acide sulfurique de Californie recherchant le moyen de se débarrasser des buées acides. Le professeur Cottrel répéta les expériences de Lodge et se convainquit qu'il était possible d'en faire le point de départ de méthodes commerciales. En même temps, le professeur Kennedy, de

l'Université de Pittsburg, arrivait à des résultats analogues. L'Europe ne resta pas indifférente à ces travaux. La Metallgesellschaft, de Francfort, société au capital de 300 millions, qui, avant la guerre, régentait en Europe le marché des métaux autres que le fer, prenait en mains la question et tentait des efforts pour l'imposer à certaines de nos grandes firmes métallurgiques françaises. Seules les hostilités empêchèrent cette nouvelle emprise allemande.

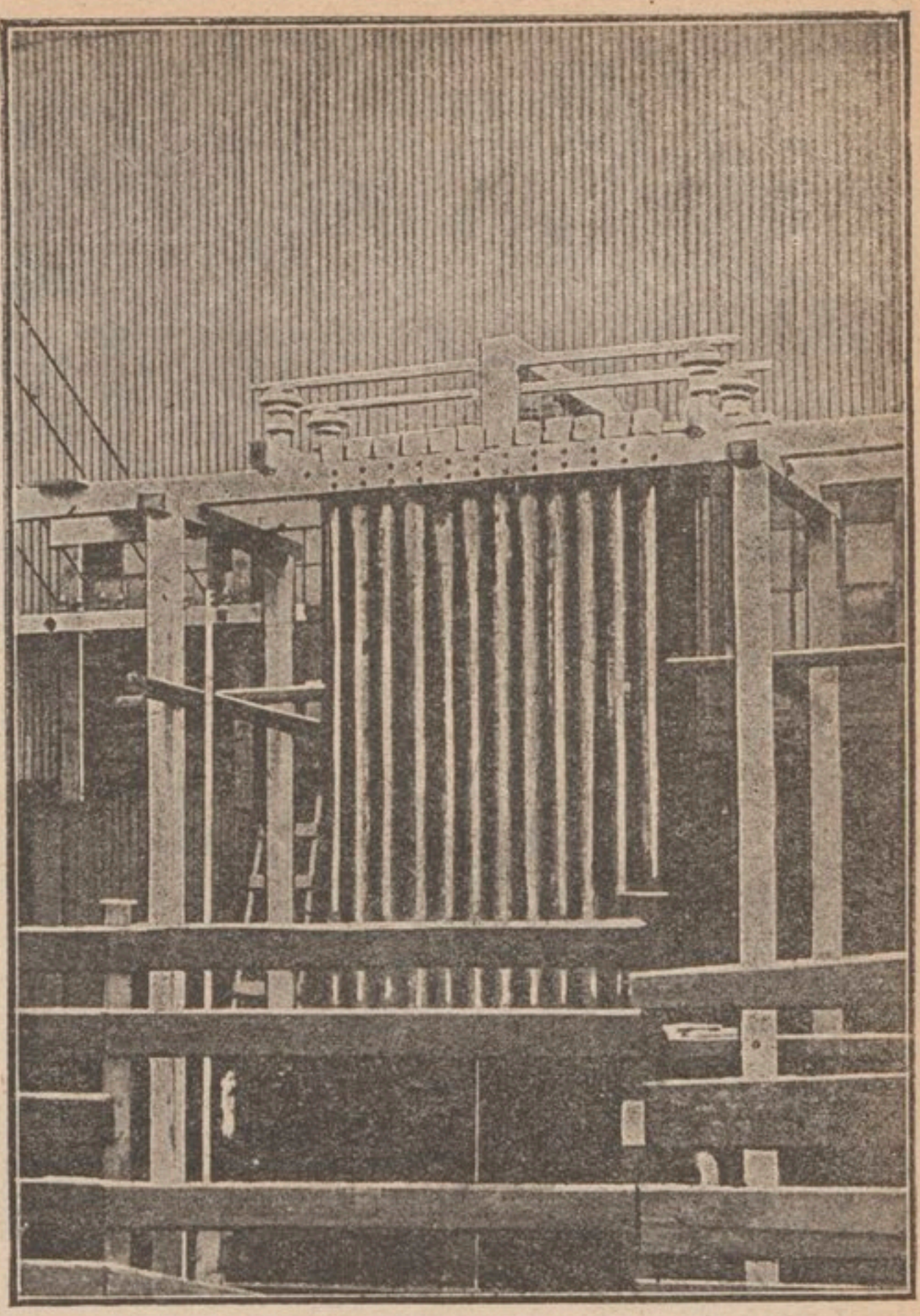
Deux ingénieurs français, MM. Lailler et Gallot, inventaient de leur côté une série de perfectionnements qui leur permirent d'obtenir des dispositifs assurant la captation complète des poussières de toutes sortes. Les résultats concluants de leurs expériences ont donné naissance à la Société française de purification industrielle des gaz.

Le principe des dispositifs employés consiste à faire passer des décharges électriques à haute tension dans le gaz à traiter. Sous l'influence de ces décharges, les particules en suspension s'électrisent, puis sont entraînées par le champ électrique et vont finalement se condenser sur les électrodes où il n'y a plus qu'à les recueillir mécaniquement.

Pour avoir une image plus saisissante du phénomène qui se produit, on peut supposer qu'à travers une nappe de sable tombant d'une certaine hauteur, on fait passer un courant d'air plus ou moins violent. Les grains de sable ne sont pas tous de même grosseur ; les plus légers seront entraînés par le courant d'air si celui-ci est de faible force ; s'il est plus violent, il entraînera des grains plus gros ; si sa puissance augmente encore, toute la nappe de sable sera entraînée et ira se déposer sur l'obstacle ou dans le récipient vers lequel le courant d'air la pousse.

Remplacez ce courant d'air par des décharges électriques plus ou moins puissantes et vous aurez l'explication du phénomène qui nous occupe. En variant l'intensité du courant, on peut même précipiter successivement des éléments de densités différentes.

Il faut, on le comprend, qu'un nombre suffisant d'unités d'électricité soient déchargées entre les deux électrodes, afin de charger toutes les particules solides ou liquides en suspension dans le gaz qui, ne l'oublions pas, se déplace avec une vitesse qui peut être très grande. La décharge doit donc être intense et uniforme ; sa tension doit être également très élevée car, plus le voltage est considérable, plus le gaz est rendu conducteur, mieux les particules de matières étrangères qu'il renferme sont elles-mêmes chargées d'électricité, par conséquent plus parfaite est la séparation. On conçoit cependant qu'il est une limite au delà de laquelle on ne peut pousser la tension sans faire jaillir un arc entre les électrodes. Il faut donc, tout en s'approchant le plus possible de cette tension critique, éviter soigneusement de l'atteindre. Par ailleurs, on conçoit que plus la vitesse du gaz est grande et plus il est diffi-

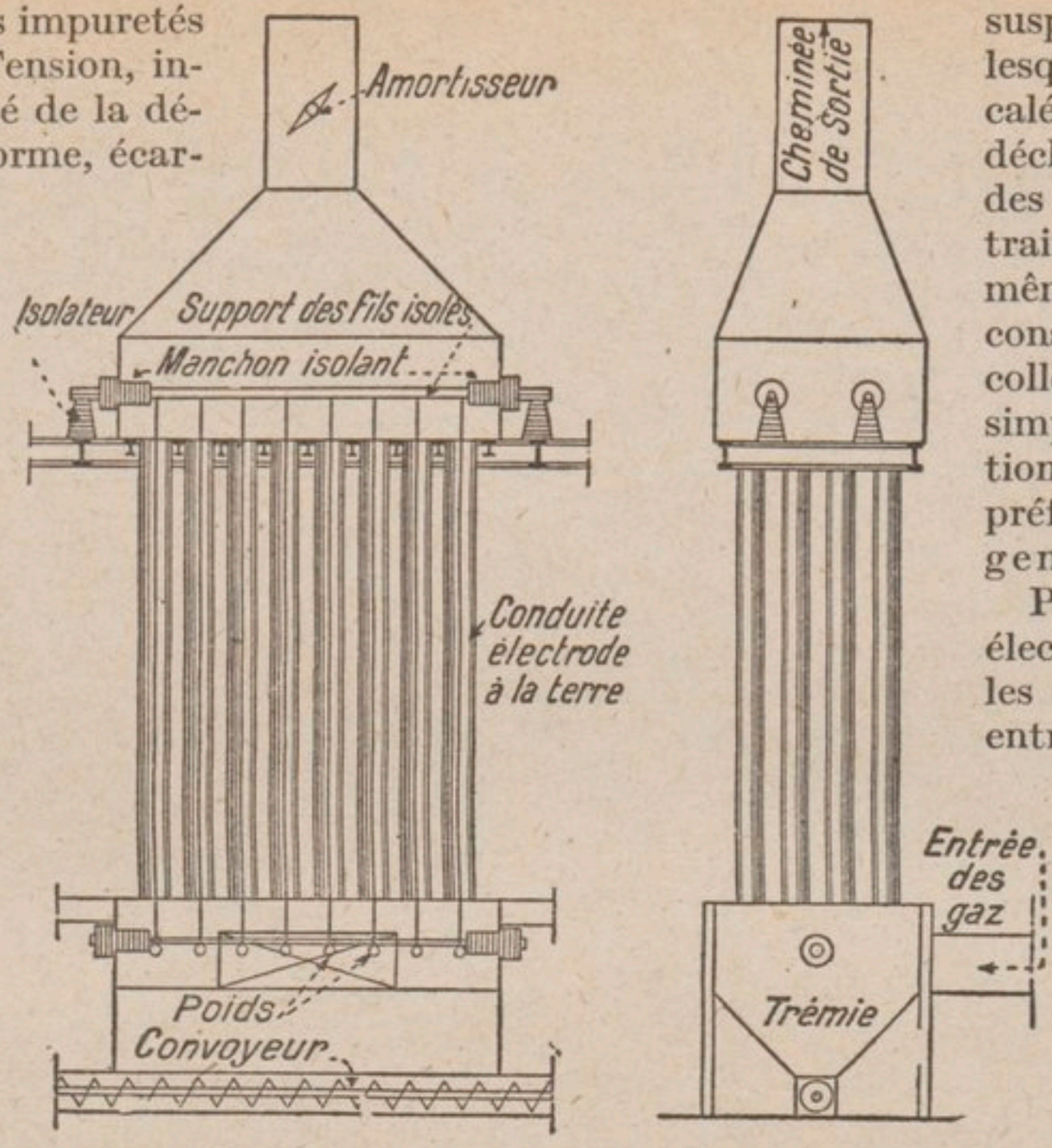


INSTALLATION D'ESSAI DANS UNE FONDERIE DE CUIVRE (CIRCUIT FERMÉ)

Cet appareil donna de très bons résultats ; il fut remplacé par une installation permanente comprenant 600 tubes.

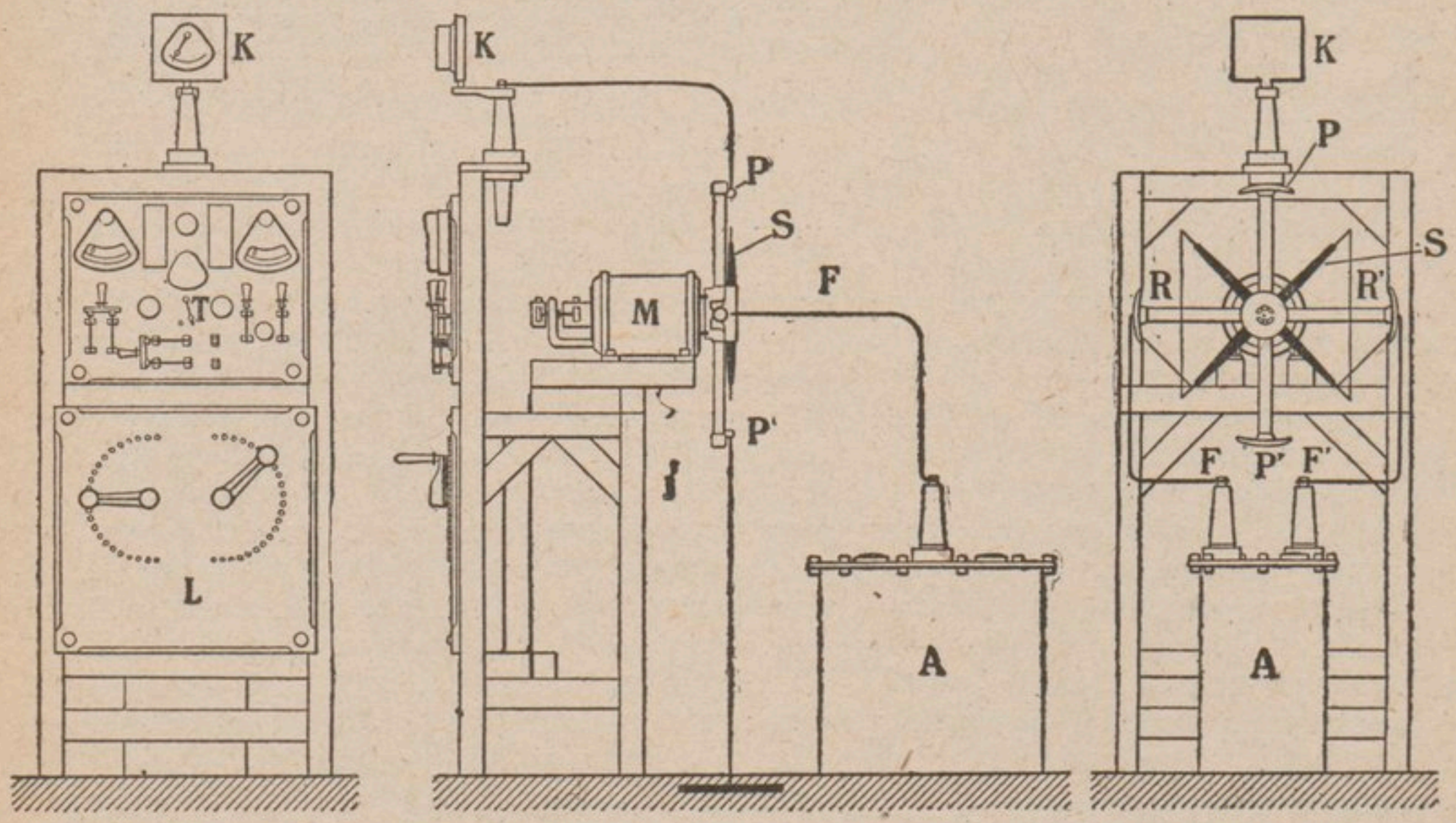
cile de séparer les impuretés qu'il renferme. Tension, intensité, uniformité de la décharge; nature, forme, écartement des électrodes ; nature, température et vitesse des gaz, apparaissent donc comme autant de facteurs dont dépendent le succès et l'efficacité du procédé décrit.

Dans les installations industrielles, les gaz sont amenés à passer entre les systèmes d'électrodes verticalement ou horizontalement, soit dans des carneaux, soit, beaucoup plus souvent, dans des sections de tuyau d'environ trente à quarante centimètres de diamètre sur cinq à six mètres de longueur. Dans les carneaux, les électrodes collectrices sont des plaques suspendues et entre lesquelles sont intercalées les électrodes de décharge; dans le cas des tuyaux, au contraire, l'enveloppe elle-même de ces derniers constitue l'électrode collectrice, d'où une simplicité de construction qui explique la préférence donnée à ce genre d'installation.



PRÉCIPITATEUR A CONDUITES MULTIPLES

Pour la captation électrique des vésicules d'acide sulfurique entraînées par les gaz chauds servant à la concentration, on emploie un appareil à tubes horizontaux, en plomb, qui se compose d'un caisson rectangulaire fermé aux deux bouts, placé horizontalement et sur lequel sont branchés un certain nombre de tubes disposés, eux aussi, horizontalement mais d'équerre sur ledit caisson. Ces tubes sont deux à deux dans le

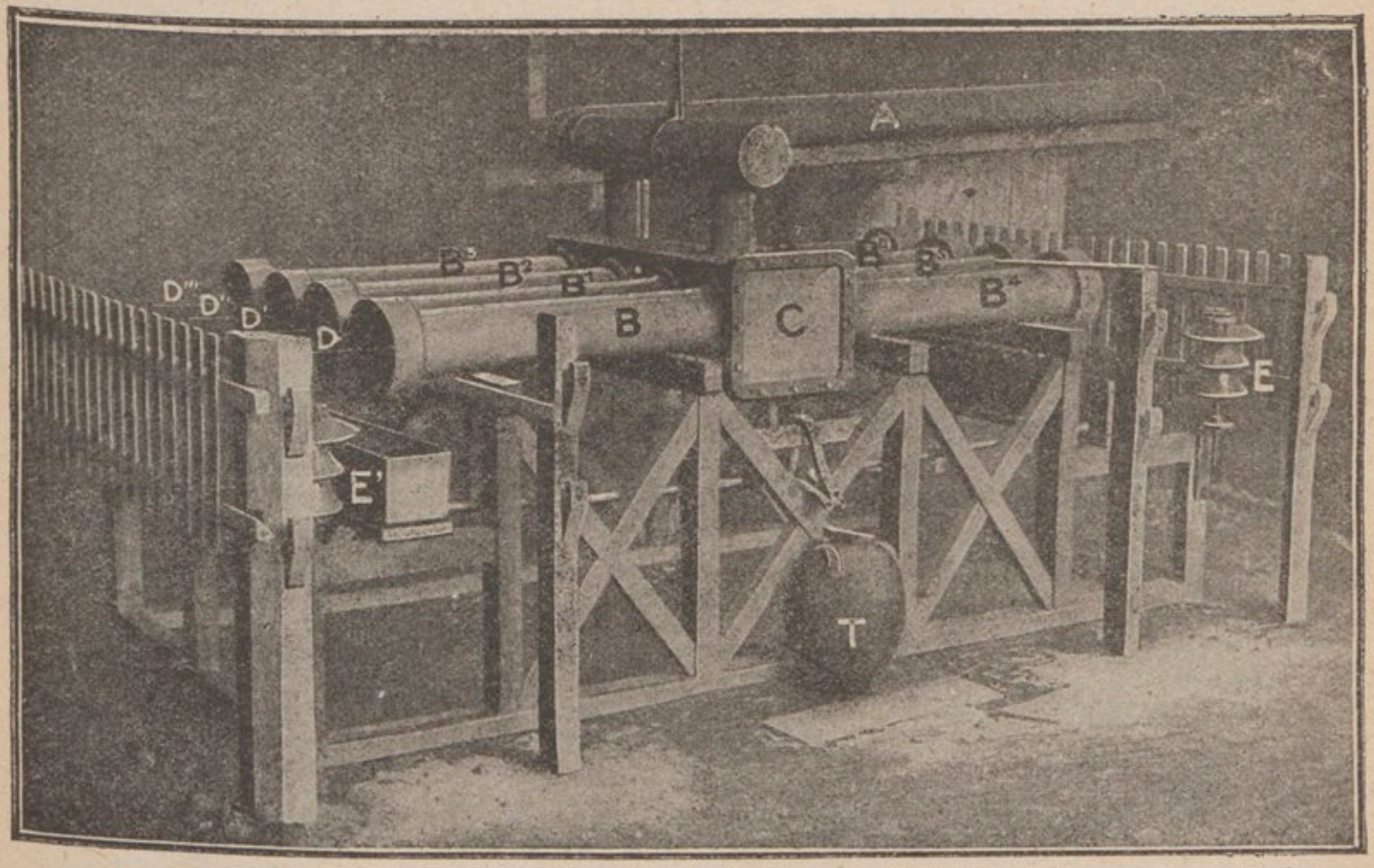


REDRESSEUR DE COURANT DE LA SOCIÉTÉ DE PURIFICATION DES GAZ (FACE, PROFIL, ARRIÈRE)

A, *transformateur statique de courant de basse tension en courant de haute tension;* F F', *fil d'arrivée de courant au sélecteur* S ; M, *moteur faisant tourner le sélecteur;* P P', *plots de distribution de courant redressé à l'appareil de purification;* R R', *plots d'arrivée du courant alternatif au redresseur;* K, *appareil de mesure du couran tde haute tension;* L, *tableau de réglage;* T, *tableau de distribution.*

prolongement l'un de l'autre ; ils débouchent à l'air libre ou dans une hotte formant cheminée d'évacuation des gaz sortant de l'appareil. Le caisson reçoit, en effet, les gaz refoulés par un ventilateur tirant sur un appareil de concentration d'acide sulfurique, généralement du système Kessler.

Ces gaz se composent de produits de combustion d'un gazogène à coke (gaz chauffant et léchant l'acide sulfurique contenu dans l'appareil à concentrer) et de



APPAREIL POUR LA CAPTATION DES PARTICULES D'ACIDE SULFURIQUE

Les gaz sont amenés par la tuyère centrale A, *répartis dans le collecteur* C *et distribués dans les tubes* B B^1 B^2 B^3. *Au centre des tubes passent des fils* D D' *qui sont reliés d'une borne isolée* E *à une autre borne isolée* E'. *Les gaz sortent par les orifices visibles des tubes ; les particules d'acide sulfurique précipitées sur les tubes sont récoltées dans la tourie* T, *qu'on voit au premier plan de la photographie.*

vapeur d'eau enlevée au liquide acide. Ils contiennent, en outre, des particules d'acide sulfurique liquide enlevées par entraînement des gaz, particules dont le poids est d'environ deux à trois grammes par mètre cube de gaz à 80° centigrades. Dans les axes des tubes sont tendus très fortement des fils métalliques communiquant au moyen de leurs barres d'attache avec une source d'électricité à haute tension, tension pouvant s'élever à 50.000 volts environ.

Ce faisceau tubulaire, pourvu de fils centraux, constitue un « épurateur électrique ».

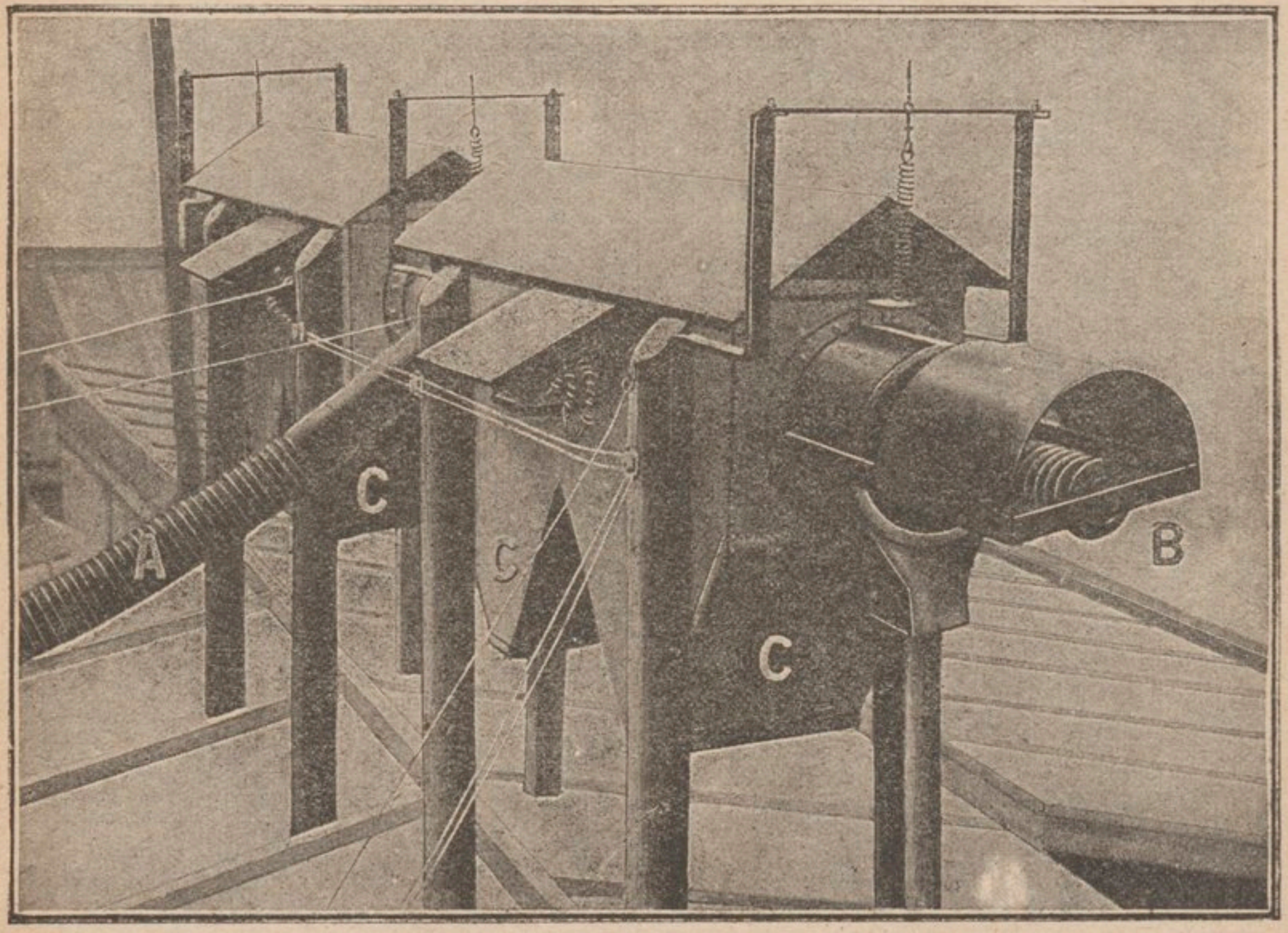
Toute particule solide ou liquide contenue dans le gaz refoulé dans les tubes est, pendant son trajet, projetée par ionisation et par l'action du champ électrique, contre les parois des tubes ; ces particules se rassemblent, s'agglomèrent et vont enfin tomber à l'extérieur dans deux coulettes en plomb disposées pour recevoir ces filets liquides.

La précipitation électrique des particules contenues dans les gaz peut, en certains cas, s'effectuer sous l'effet d'un courant alternatif, mais les résultats les plus probants sont obtenus, dans ces sortes d'installations, par du courant continu ou redressé.

Les dynamos à courant continu ne pourraient donner les tensions de 50.000 à 100.000 volts nécessaires qu'en en couplant plusieurs en série. Il en résulterait un prix d'établissement et une difficulté d'entretien considérables. Le procédé le plus simple et presque toujours employé dans les grands établissements consiste à utiliser un courant alternatif de fréquence usuelle dont il est facile d'élever la tension par un transformateur approprié et à redresser ce courant de haute tension par un commutateur mécanique simple entraîné par un moteur synchrone.

La Société pour la purification électrique des gaz a établi différents modèles de redresseur qui paraissent devoir réaliser le mieux

possible les diverses conditions industrielles. Un de ces appareils, plus spécialement destiné aux petites installations, comporte un moteur synchrone *M* à quatre pôles supportant une croix fixe *S* à quatre bras isolants munis de secteurs métalliques à leurs extrémités. Un croisillon à quatre branches isolées est calé sur l'arbre du moteur, les contacts fixés à leurs extrémités sont réunis électriquement deux à deux. Les deux secteurs



APPAREIL POUR LA CAPTATION DES POUSSIÈRES DE CIMENT

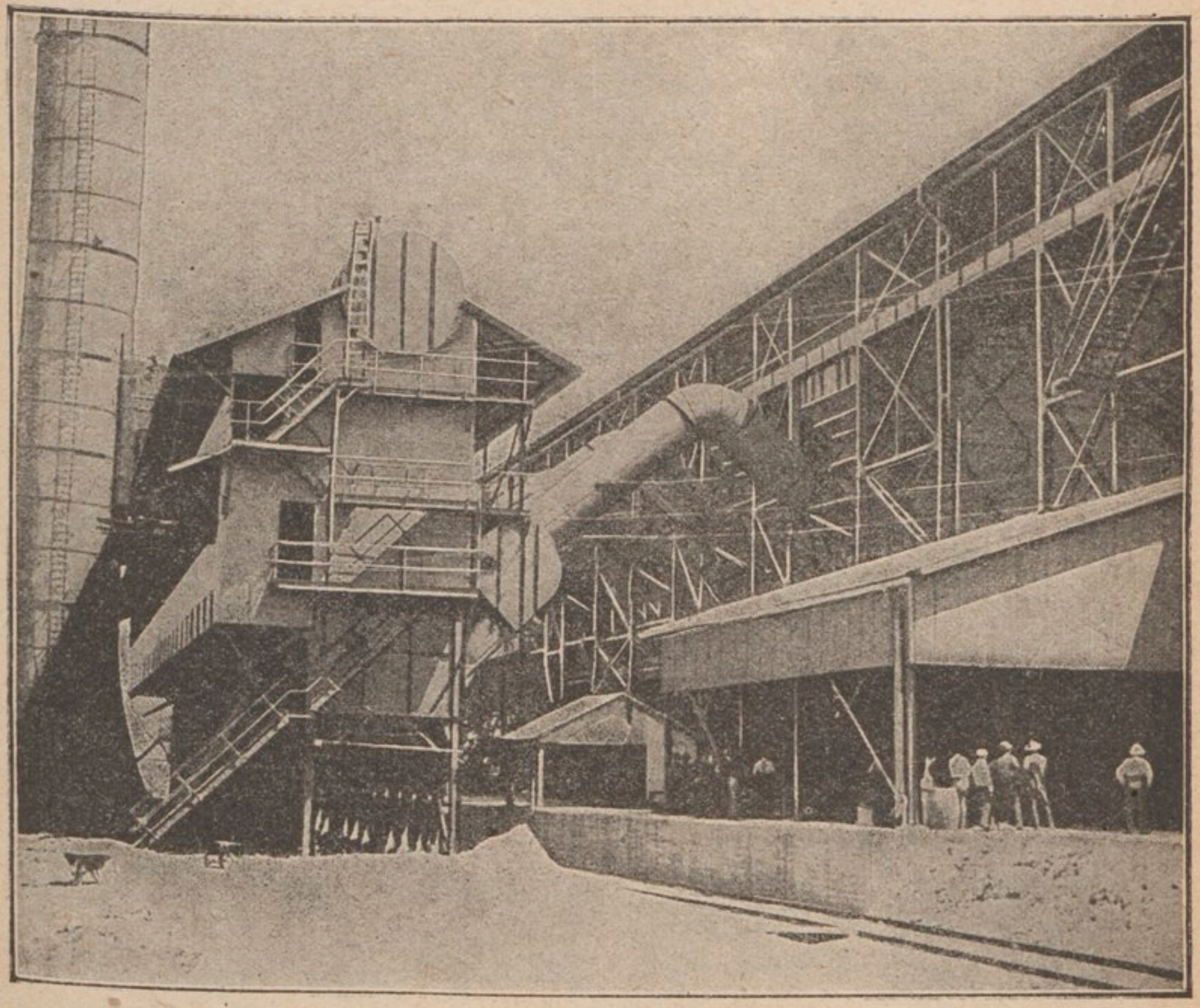
Les poussières arrivent par le tube A, *pénètrent dans le grand tube horizontal traversé par le fil électrique que supportent les isolateurs* B. — *Les poussières précipitées sont recueillies dans les trémies* C.

fixes *RR'*, diamétralement opposés, sont connectés au courant alternatif à haute tension ; les deux autres secteurs *PP'* sont reliés aux appareils d'utilisation. Le courant changeant de sens quatre fois par tour, il est facile de se rendre compte que ces derniers secteurs sont de polarité constante (figures page 42).

L'appareil de précipitation électrique peut avoir à traiter des gaz plus ou moins chauds, plus ou moins exempts ou, au contraire, chargés de matières corrosives et dont les impuretés peuvent avoir à être recueillies soit à l'état sec, soit à l'état humide ; sa construction doit donc être étudiée en conséquence. Quand il s'agit de traiter des gaz contenant des traces importantes d'acides, il faut employer des tuyaux de plomb ou de grès. Des substances calorifuges peuvent être également nécessaires pour diminuer, si besoin est, la perte de calorique des gaz. Le passage de ceux-ci peut être facilité et accéléré au moyen de ventilateurs ou autres moyens mécaniques si le tirage est trop ralenti par la traversée du précipitateur ; néanmoins, lorsque les gaz sont suffisamment chauds, le tirage naturel suffit presque toujours. Lorsque l'on se trouve en présence de gaz qui forment des mélanges détonants quand ils se combinent à l'air, on les conserve à une pression au moins un peu supérieure à la pression atmosphérique jusqu'à ce qu'ils aient été suffisamment épurés.

La précipitation offre cet unique avantage de pouvoir séparer jusqu'aux plus minuscules particules solides. Elle permet également de séparer par « précipitation fractionnée » les constituants solides ou liquides de différentes densités. Les gaz sont d'abord débarrassés, tandis qu'ils sont à une température élevée, des impuretés qu'ils contien-

nent, puis on les refroidit et on les traite à nouveau dans un autre précipitateur. Ce procédé a déjà donné de très bons résultats, mais il est loin d'être généralisé comme il le mériterait. Pourtant, dans les usines à gaz, par exemple, il permettrait d'obtenir du goudron de houille exempt d'humidité, des goudrons de différentes compositions, etc...



ENSEMBLE D'UNE INSTALLATION MODERNE DE PRÉCIPITATION ÉLECTRIQUE

Ces appareils traitent directement, sans interposition de chambres-relais, les gaz perdus émanant en grandes quantités de cinq convertisseurs où sont traités des minerais de cuivre.

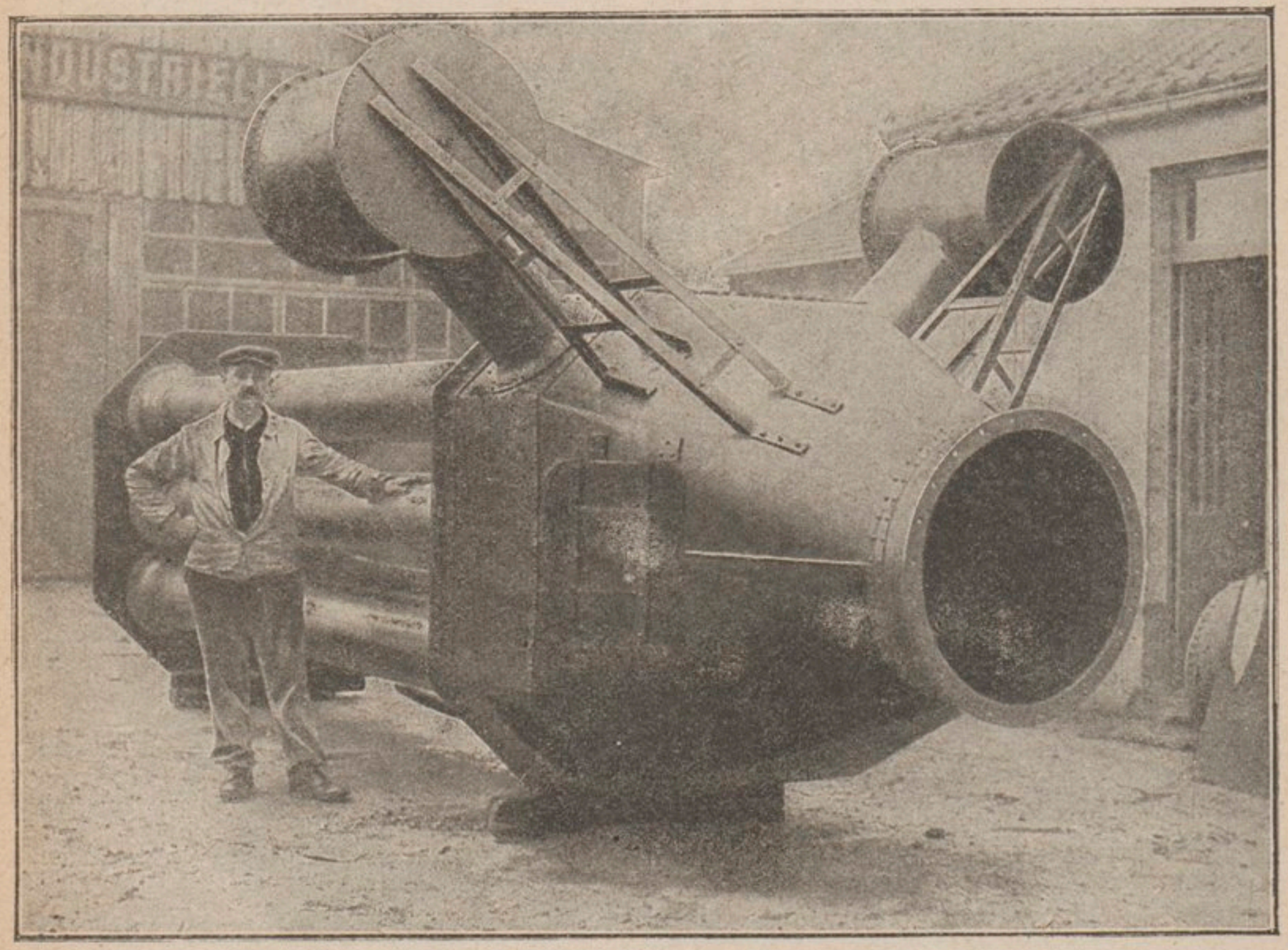
Un autre avantage très important de la précipitation électrique, par rapport aux différentes méthodes mécaniques ou chimiques, consiste en ce fait que les gaz eux-mêmes ne jouent aucun rôle particulier pendant le traitement, si ce n'est qu'ils transportent de l'électricité. Dans tous les autres procédés, au contraire, la totalité du volume des gaz doit être traitée pour obtenir un résultat qui n'est pas toujours satisfaisant.

Dans les fonderies de métaux où toutes sortes de déchets sont fondus et retransformés en lingots, des tonnages énormes de fumée riche en étain, en plomb, en zinc, etc., sont déchargés en pure perte dans l'atmosphère. En dépit de la valeur de ces métaux qui — c'est bien le cas de le dire — s'en vont en fumée, le fait même qu'ils sont présents dans de très fortes proportions, rend leur séparation difficile et très coûteuse par les méthodes ordinairement employées.

Le plomb que contiennent certains minerais employés à la production du cuivre est généralement éliminé de la matte, dans les convertisseurs, sous forme de fumées et est, par conséquent, complètement perdu. Puisque, grâce à la précipitation électrique, cette fumée peut être précipitée et le plomb récupéré, on pourrait, non seulement admettre dans les creusets, au lieu de les rejeter, les minerais contenant du plomb en quantité quelconque, mais encore les rechercher.

Le zinc contenu dans les rognures de tôle galvanisée (c'est-à-dire zinguée) envoyées

à la refonte, disparaît également en fumée ; du moins est-ce généralement le cas, car, dans la plupart des fonderies, ces rognures sont chargées dans des fours de fusion à foyer ouvert. La précipitation électrique permettrait de recouvrer ce zinc tout au moins en grande partie. Un problème analogue dans ses grandes lignes se pose dans certains hauts fourneaux qui traitent des



APPAREIL SPÉCIAL DE PURIFICATION POUR CHEMINÉE DE NAVIRE

Cet appareil qui, en réalité, est placé verticalement à la base de la cheminée, est établi sur le principe du précipitateur à conduites multiples. Les supports des fils isolés qui descendent dans les tubulures inférieures sont fixés dans les boîtes latérales, dont deux seulement sont en place dans l'exemple ci-dessus.

minerais contenant également du zinc en quantité suffisante pour qu'on se préoccupe de le séparer des gaz s'échappant des gueulards. On a constaté, d'autre part, dans les gaz de hauts fourneaux la présence de vapeurs laiteuses renfermant une très forte proportion de composés potassés qui, si on les recueille et les traite convenablement, peuvent constituer d'excellents engrais. Bien d'autres cas où la précipitation électrique serait d'un emploi aussi rémunérateur que judicieux pourraient être cités ; ils ne feraient que confirmer la valeur du procédé.

On ne pourra jamais permettre aux usines métallurgiques, raffineries et autres industries, de laisser s'échapper à l'air libre, sans restriction, leurs gaz perdus toxiques et nuisibles. Si cela était, la vie serait absolument impossible dans le voisinage de ces usines. Mais, d'autre part, un très grand nombre d'opérations métallurgiques ne peuvent absolument pas être effectuées sans qu'il s'échappe, dans l'atmosphère, une quantité minimum de gaz nuisibles chargés de particules solides ou liquides en suspension. Les fumées que produisent les innombrables cheminées des habitations et des locomotives sont, d'autre part, loin d'être négligeables (les petits ruisseaux ne font-ils pas les grandes rivières?) ; n'en veut-on qu'une preuve? Dans certaines villes américaines, comme Pittsburg, Chicago et Philadelphie, on a calculé qu'un tiers et parfois davantage de la fumée totale qui souille l'atmosphère de ces grandes cités industrielles, provient des locomotives seules.

La propreté et surtout l'hygiène des villes gagneraient à la suppression de ces fumées.

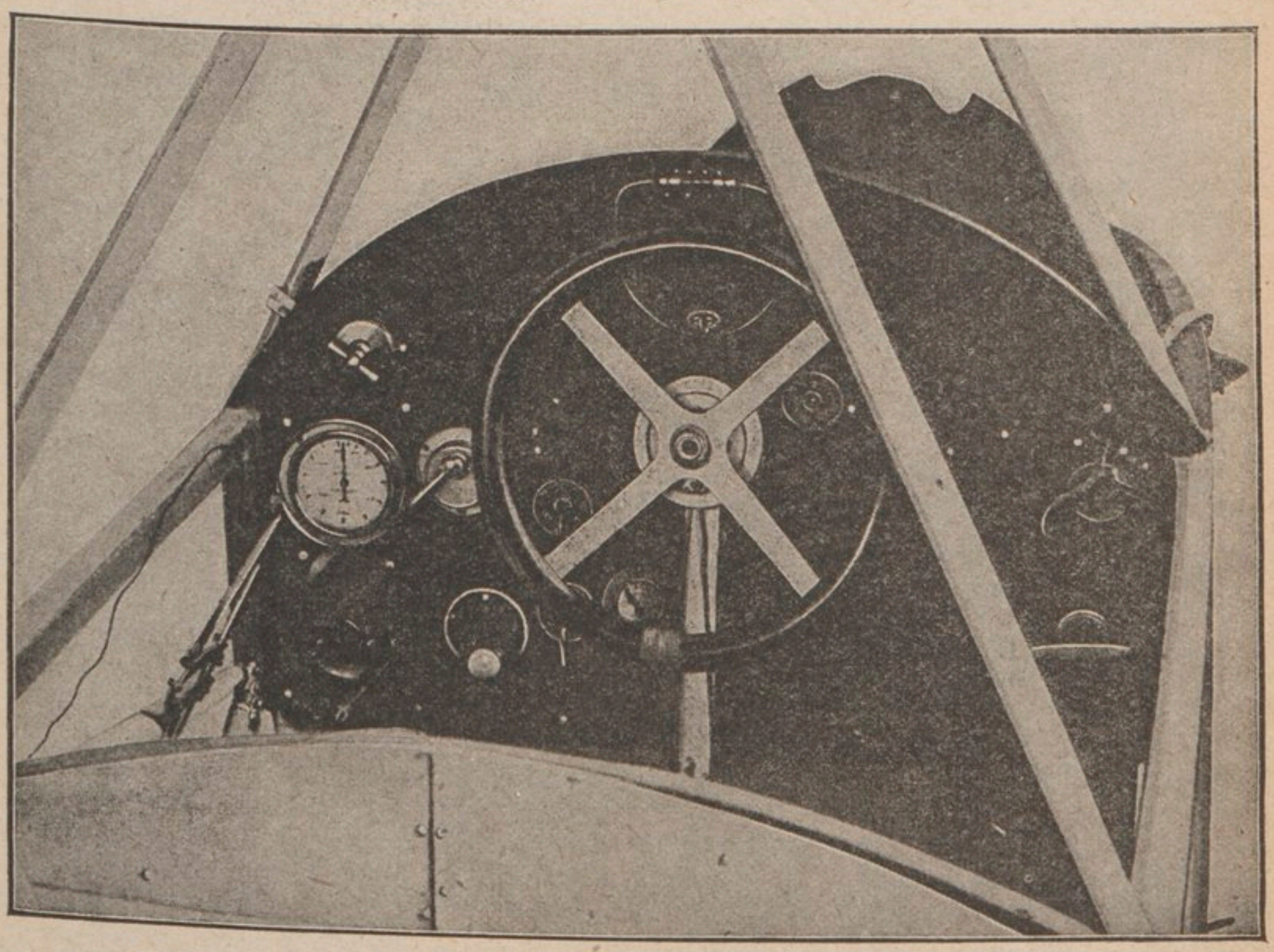
MARCEL GUILLAUMAUD.

LES INSTRUMENTS DE BORD SUR LES AVIONS DE GUERRE

Par Georges HOUARD

La question du confort à bord des aéroplanes de guerre doit être étudiée d'autant plus sérieusement que l'on exige aujourd'hui des aviateurs un effort considérable dans la fréquence et la portée des opérations aériennes. Il ne s'agit plus, comme aux premières heures de l'aviation, de voler vingt minutes à 100 mètres de haut. Il faut maintenant tenir l'air parfois du matin jusqu'au soir, voler la nuit dans la brume et le froid, s'élever jusqu'à 7.000 mètres de hauteur et, sans cesser de surveiller un instant la marche de l'appareil, être prêt, physiquement et moralement, à affronter le combat. Dans ces conditions, on ne saurait plus se contenter de l'installation rudimentaire qui constituait, sur les aéroplanes du début, le poste du pilote. Il convient d'assurer à ce dernier une protection plus efficace contre les éléments qui, souvent pour lui, sont tout aussi dangereux que les balles de l'ennemi. Il faut, par une installation aussi confortable que possible et par une disposition judicieuse des organes de commande, réduire au minimum la fatigue qu'entraîne pour l'aviateur une randonnée aérienne de plusieurs heures.

On est arrivé effectivement à rendre moins pénible et plus sûre que par le passé la conduite des aéroplanes en dépit de l'attention qu'exige la surveillance continuelle des nom-

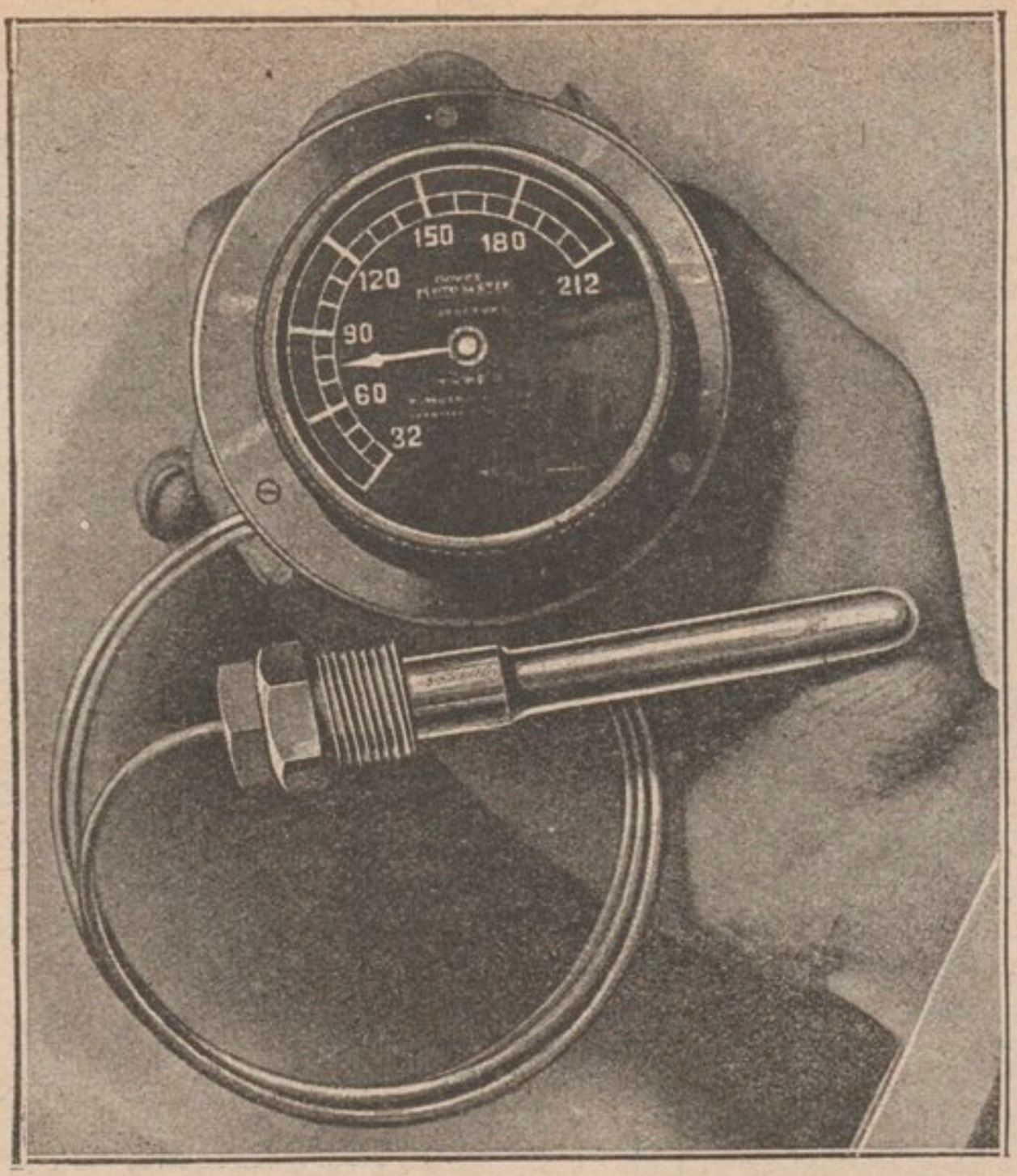


POSTE DE PILOTAGE SUR UN AVION ALLEMAND DU TYPE « RUMPLER »

L'aviateur doit surveiller continuellement le fonctionnement des différents organes qui assurent la marche de l'aéroplane et celle du moteur. A cet effet, de nombreux instruments de contrôle, tels que manomètres, cadrans, manettes, niveaux, etc... sont placés immédiatement devant les yeux du pilote.

breux appareils de commande, de réglage et de contrôle placés aujourd'hui sur les machines de guerre. Ce résultat a été obtenu en améliorant les qualités d'*habitabilité*, si l'on peut dire, des avions et en réunissant à portée du pilote une certaine quantité d'instruments de précision qui permettent à l'aviateur de conserver le contrôle permanent de son appareil et du moteur qui l'anime. La question est déjà très importante en temps de guerre, puisque de sa solution dépend en grande partie la réussite des raids à longue distance. Mais elle est primordiale pour l'après-guerre, où les aéroplanes de transport devront être aussi confortables que les automobiles actuelles.

Sur les avions de guerre, le pilote et le passager sont protégés du vent par un pare-brise transparent. Les baquets de bois, qui forment les sièges, sont très bas, de telle façon que la tête des aviateurs émerge à peine de la carlingue ou du fuselage. Le pare-brise est généralement en verre incassable, car le mica, que l'on employait autrefois, avait le gros inconvénient de se ternir peu à peu à l'usage jusqu'à perdre complètement sa transparence. Le pare-brise est d'ailleurs très insuffisant pour mettre les aviateurs à l'abri des intempéries; pour bien faire, il faudrait disposer d'une carlingue entièrement close comme celle des avions géants de Sikorsky. Mais cette solution, à laquelle on reviendra sûrement dans l'avenir, est difficilement réalisable en temps de guerre, car elle équivaudrait à annihiler pratiquement les qualités de combativité de l'avion qui en serait pourvu.



VUE EXTÉRIEURE DU THERMOMÉTROGRAPHE DONT SONT MUNIS LA PLUPART DES AVIONS AMÉRICAINS

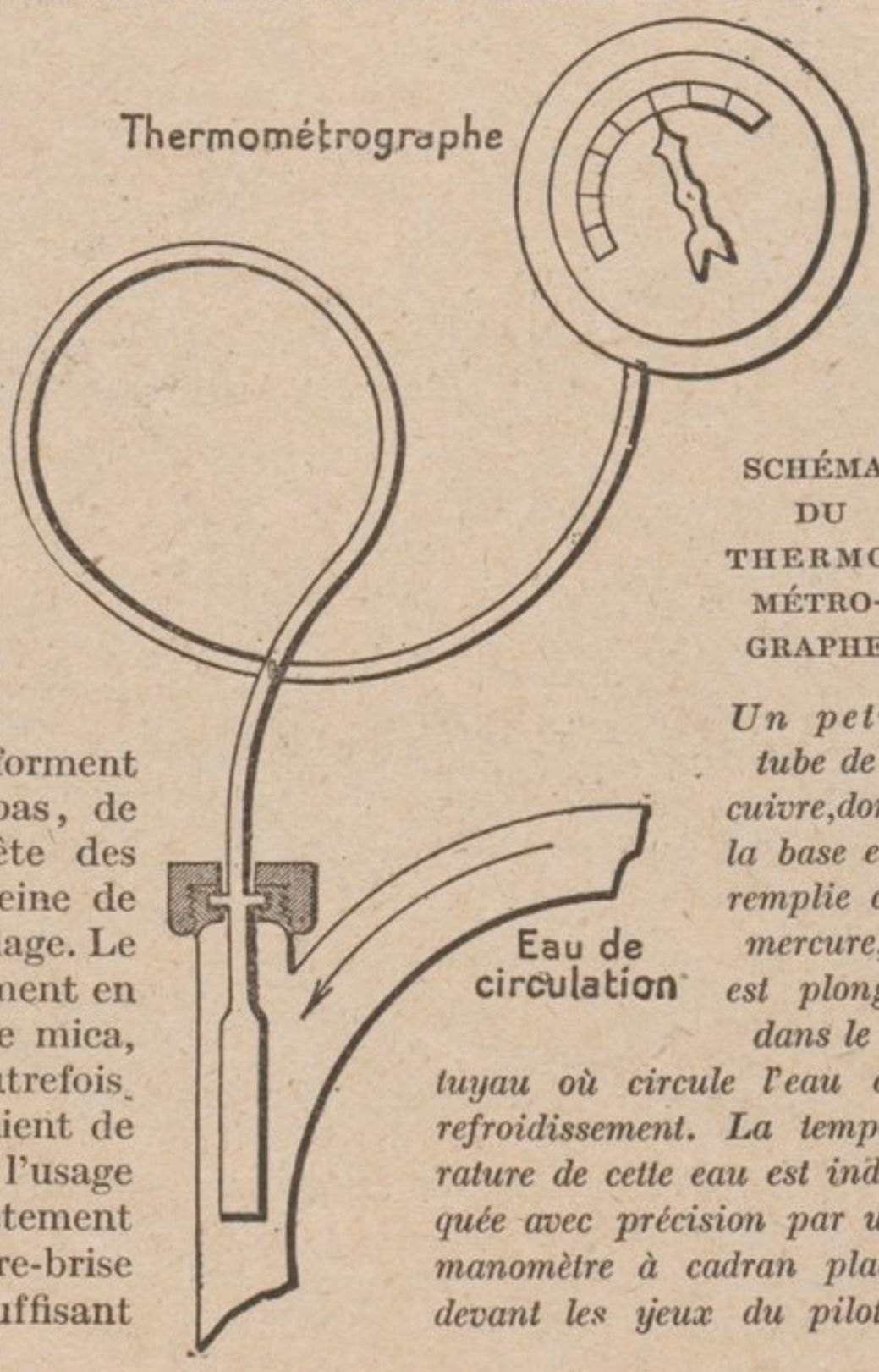


SCHÉMA DU THERMOMÉTROGRAPHE

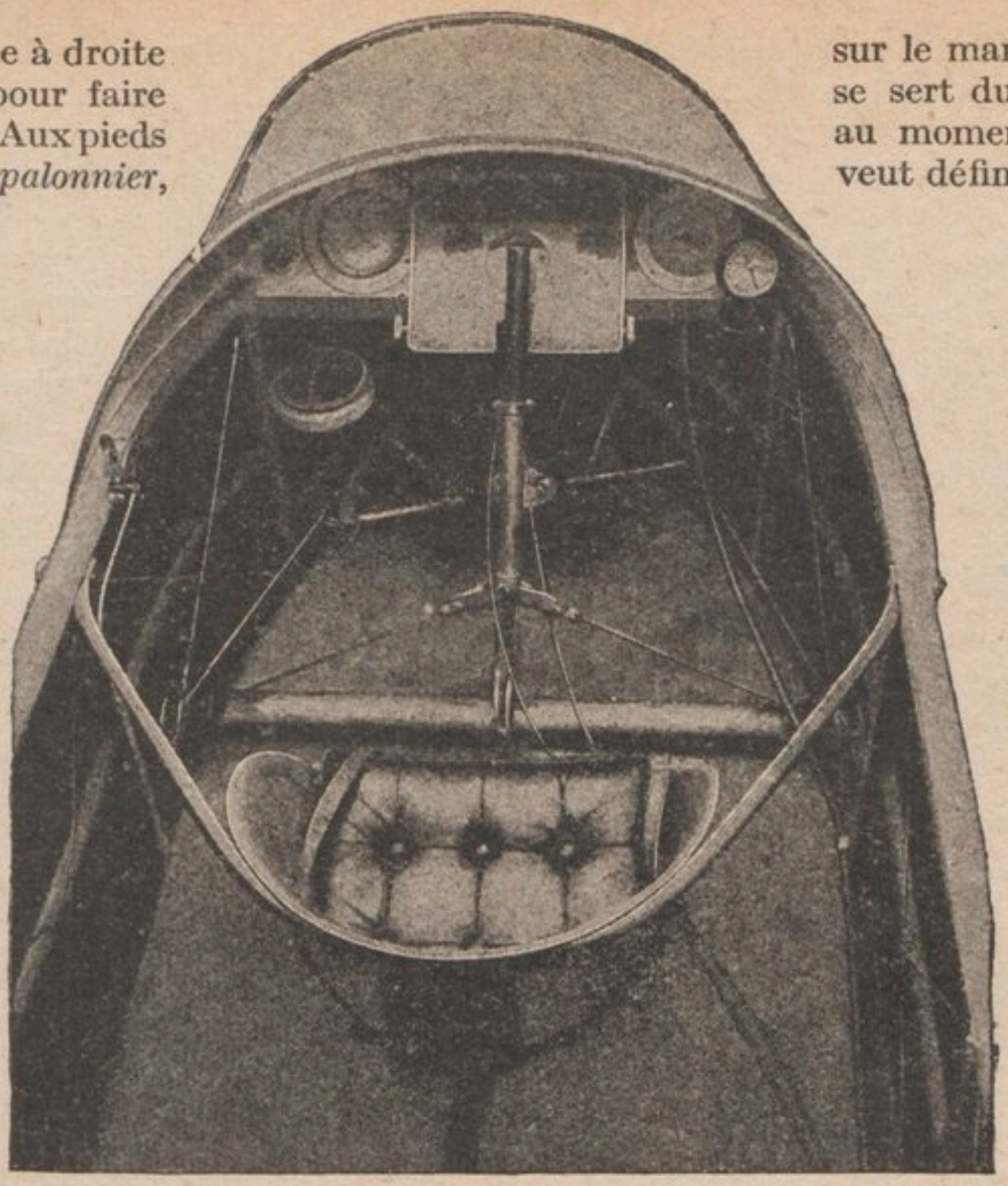
Un petit tube de cuivre, dont la base est remplie de mercure, est plongé dans le tuyau où circule l'eau de refroidissement. La température de cette eau est indiquée avec précision par un manomètre à cadran placé devant les yeux du pilote.

Assis dans son baquet, l'aviateur a devant lui les organes de commande et les instruments de bord qui lui permettent de piloter son appareil et de régler la marche de son moteur. Quels sont ces organes et quels sont ces instruments ?

Immédiatement en face du pilote est le *manche à balai*, qui sert à guider l'avion dans son vol vertical et à actionner les ailerons latéraux. On sait que ce manche à balai est un simple levier de bois ou de métal que l'on déplace d'avant en arrière et *vice versa* pour commander la montée et la des-

cente et de gauche à droite et inversement pour faire jouer les ailerons. Aux pieds du pilote est le *palonnier*, qui assure le déplacement du gouvernail de direction.

Le pilote commande son moteur au moyen de deux manettes placées à portée de sa main. L'une règle l'arrivée de l'essence, l'autre l'admission des gaz. Certains appareils disposent d'une troisième manette pour commander, aux grandes altitudes, l'arrivée de l'air au moteur, arrivée qui, à une certaine hauteur, est souvent défectueuse en raison de la diminution de pression atmosphérique. Cela permet de conjurer de graves accidents.



LES ORGANES DE COMMANDE SUR UN AVION DE 1914

Devant le siège du pilote est placé le « manche à balai ». Au fond, près du plancher de la carlingue, on voit le palonnier; face à celui-ci est disposée la boussole à cardan; au-dessus, le déroule-carte; à droite, le compte-tours; à gauche, l'altimètre.

On arrête le moteur par le jeu des *contacts*. Il y a, à bord, deux contacts : l'un, permanent, fixé généralement sur le longeron du fuselage, à droite du pilote ; l'autre, intermittent, placé sur le manche à balai. On se sert du premier quand, au moment d'atterrir, on veut définitivement arrêter le moteur. Le second contact est utilisé de préférence en plein vol, dans l'exécution d'une spirale ou d'un looping. Si le pilote exécute un looping, il doit couper l'allumage, au moyen du contact intermittent, lorsqu'il se trouve au sommet de la boucle. A la fin du looping, il lâche le contact et le moteur repart à nouveau. Cependant, avec le moteur Renault, on coupe définitivement l'allumage au moyen de la manette servant à la distribution de l'essence. En tournant celle-ci dans le sens voulu, on interrompt l'arrivée du carburant au moteur et celui-ci s'arrête. Cette façon de faire a l'avantage d'être moins brutale que l'arrêt au contact d'allumage et, par conséquent, moins pernicieuse pour certains organes délicats du moteur. Sur les avions munis de moteurs à refroidissement par eau, il est nécessaire

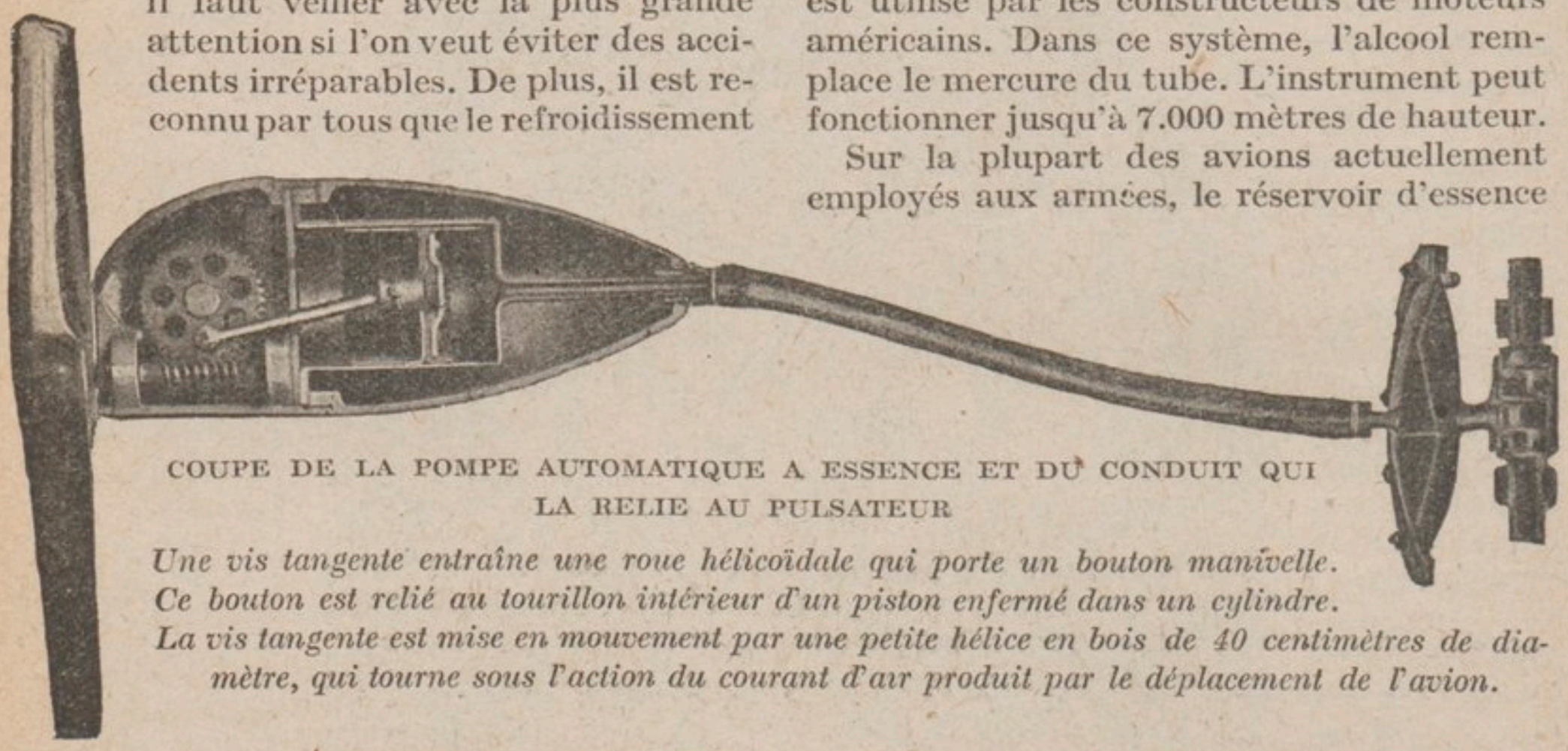
VUE EXTÉRIEURE DE LA POMPE AUTOMATIQUE A ESSENCE « ASTRA »

Le mécanisme de la pompe est renfermé dans un carter judicieusement profilé pour présenter à l'avancement le minimum de résistance.

d'utiliser un thermométrographe afin de ne jamais laisser la température de l'eau dépasser 80° et descendre en dessous de 40°. En effet, à moins de 40°, les reprises du moteur sont impossibles, et à plus de 80°, on risque de faire éclater les tuyaux de circulation par l'accumulation de vapeur. C'est là un danger en quelque sorte permanent auquel il faut veiller avec la plus grande attention si l'on veut éviter des accidents irréparables. De plus, il est reconnu par tous que le refroidissement de l'eau est extrêmement rapide lorsque l'avion descend en vol piqué ; en quelques instants, la température peut baisser de plusieurs degrés et, si le pilote n'y prenait garde, il se pourrait que le moteur ne reprenne pas, précisément au moment où cette reprise serait le plus nécessaire. Pour cette raison, on a pourvu certains avions de chasse de volets d'obturation qui permettent, en plein vol, de réduire la superficie des radiateurs au gré du pilote. Ces volets d'obturation, placés devant les tuyaux de circulation, sont commandés par une manette spéciale. Quant au thermométrographe employé, il est d'une extrême simplicité : un petit tube — de verre ou de cuivre, suivant les modèles — rempli de mercure à sa partie inférieure, est plongé dans l'eau de circulation. Quand l'eau s'échauffe, le mercure se dilate et la pression de l'air contenu dans le tube agit sur un petit manomètre placé devant les yeux du pilote. L'aiguille du manomètre n'indique pas la pression de l'air à l'intérieur du tube, mais la température de l'eau de circulation, en degrés centigrades. L'appareil diffère donc du thermométrographe ordinaire, par ce fait qu'à l'intérieur du tube il y a, non pas le vide, mais une certaine quantité d'air emmagasinée sous une pression aussi faible que possible.

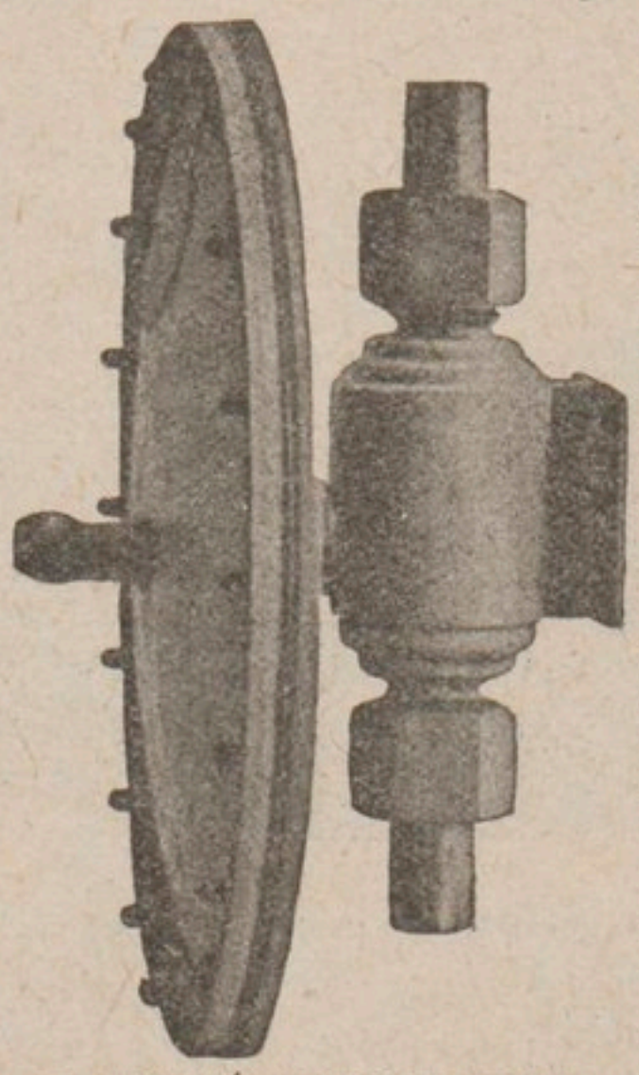
Un thermométrographe à peu près semblable, construit par la Moto Meter Company, est utilisé par les constructeurs de moteurs américains. Dans ce système, l'alcool remplace le mercure du tube. L'instrument peut fonctionner jusqu'à 7.000 mètres de hauteur.

Sur la plupart des avions actuellement employés aux armées, le réservoir d'essence se trouve à un niveau inférieur à celui du carburateur. Il convient donc, par un dispositif approprié, de faire monter l'essence du réservoir jusqu'au moteur pour alimenter celui-ci. Ce dispositif consiste en une pompe actionnée soit automatiquement au moyen d'une petite hélice, soit à la main à l'aide d'une simple pompe. La pompe à essence Astra est l'une des plus perfectionnées et des plus récemment construites ; c'est donc celle-là que nous allons décrire brièvement.



COUPE DE LA POMPE AUTOMATIQUE A ESSENCE ET DU CONDUIT QUI LA RELIE AU PULSATEUR

Une vis tangente entraîne une roue hélicoïdale qui porte un bouton manivelle. Ce bouton est relié au tourillon intérieur d'un piston enfermé dans un cylindre. La vis tangente est mise en mouvement par une petite hélice en bois de 40 centimètres de diamètre, qui tourne sous l'action du courant d'air produit par le déplacement de l'avion.



VUE EXTÉRIEURE DU PULSATEUR ET DE LA BOITE A CLAPETS

La pompe, dans son ensemble, se compose de deux parties : la pompe proprement dite et le pulsateur, celui-ci comportant une boîte à clapets.

La pompe à air est constituée par un carter dans lequel tourne, entre des paliers, une vis tangente entraînant une roue hélicoïdale qui porte elle-même un bouton manivelle. Celui-ci est relié par une bielle au tourillon intérieur d'un piston disposé dans un cylindre. L'arbre de la vis tangente porte, à l'extérieur du carter, une petite hélice de 40 centimètres de diamètre. L'ensemble est placé à l'avant

de l'aéroplane, autant que possible bien en vue du pilote et c'est le courant d'air produit par le déplacement de l'avion qui met en mouvement la petite hélice. Le pas de cette hélice doit être naturellement en rapport très étroit avec la vitesse de l'aéroplane, de telle façon que la pompe donne, au maximum, une pulsation par seconde.

SCHÉMA D'INSTALLATION DE LA POMPE AUTOMATIQUE A ESSENCE

Le cylindre de la pompe est prolongé par un tube terminé en forme d'olive et auquel se fixe le tuyau flexible en caoutchouc qui relie la pompe à l'appareil pulsateur.

Ce pulsateur est formé par une boîte lenticulaire divisée en deux compartiments. La cloison est constituée par une membrane souple absolument inattaquable à l'essence.

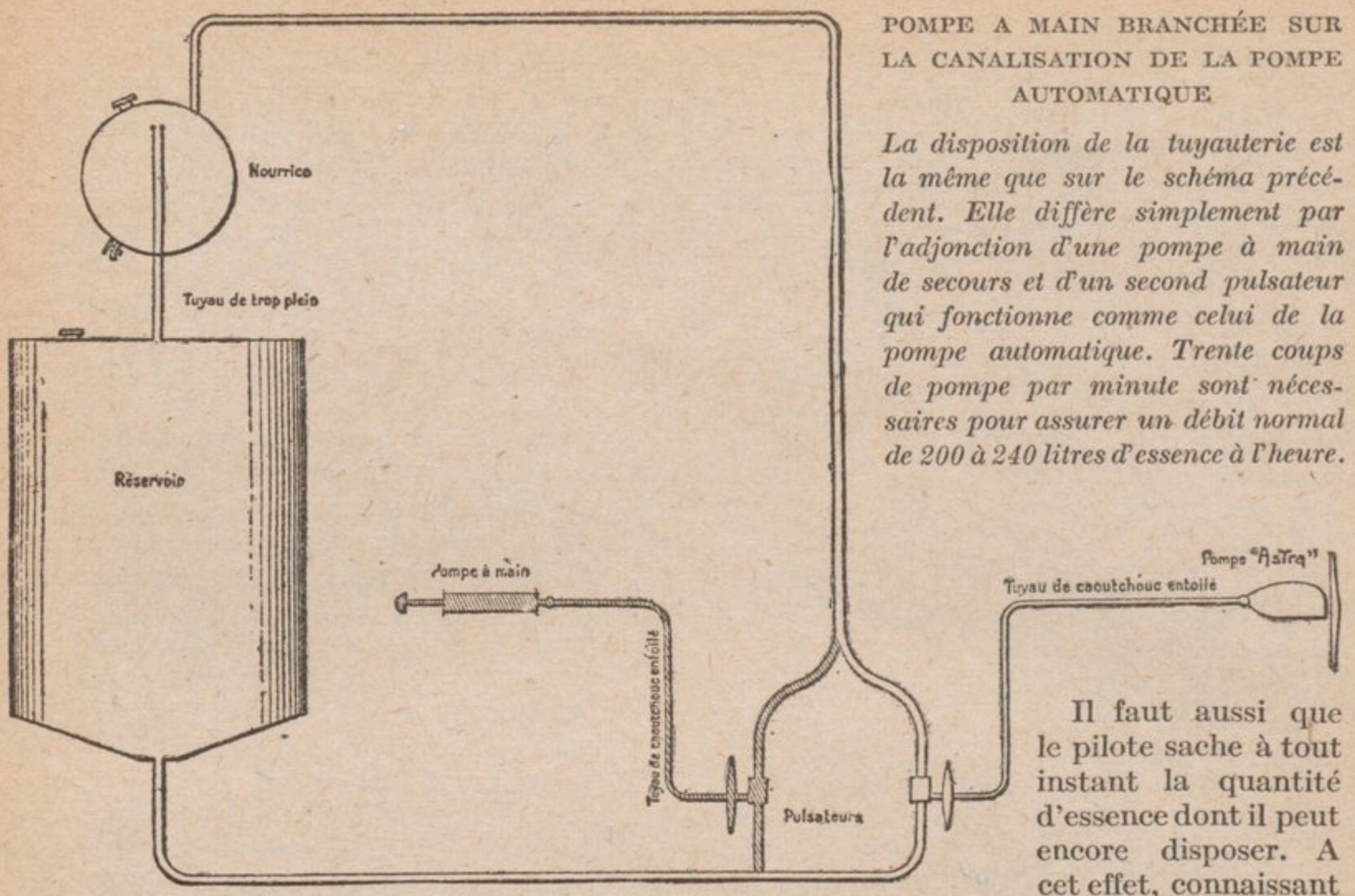
L'un des compartiments communique avec la pompe à air par un tuyau flexible et l'autre avec une boîte cylindrique portant deux clapets de retenue superposés. Ces clapets sont disposés l'un sur la tubulure du réservoir à essence, l'autre sur la tubulure de refoulement.

Le fonctionnement de la pompe est simple à comprendre. Au coup de piston aspirant, la membrane, soumise à la dépression qui se produit dans le compartiment à air, se déplace dans le sens où s'exerce la diminution de capacité, ce qui détermine le soulèvement du clapet inférieur et l'arrivée du liquide dans ce même compartiment. Dès que le piston découvre les orifices que comporte le cylindre, la pression atmosphérique agit dans la canalisation d'air et annihile l'effet de la dépression ; le clapet inférieur se referme donc, retenant ainsi la quantité de liquide admise dans le pulsateur. Au coup de piston refoulant, la pression d'air s'exerce alors sur la membrane ; le liquide contenu dans le pulsateur est refoulé et passe par le siège du clapet supérieur alors ouvert Ce clapet

Le coup de piston attire la membrane du pulsateur dans le sens où s'exerce l'aspiration. Celle-ci détermine le soulèvement du diaphragme inférieur et l'arrivée du liquide dans le même compartiment. Quand le piston découvre les orifices que comporte le cylindre, l'effet de dépression est annihilé sous la seule action de la pression atmosphérique. Le clapet inférieur se referme, retenant ainsi la quantité de liquide admise dans le pulsateur. Au coup de piston refoulant, la pression d'air s'exerce alors sur la membrane ; le liquide contenu dans le pulsateur est refoulé et passe par le siège du clapet supérieur alors ouvert.

POMPE A MAIN BRANCHÉE SUR LA CANALISATION DE LA POMPE AUTOMATIQUE

La disposition de la tuyauterie est la même que sur le schéma précédent. Elle diffère simplement par l'adjonction d'une pompe à main de secours et d'un second pulsateur qui fonctionne comme celui de la pompe automatique. Trente coups de pompe par minute sont nécessaires pour assurer un débit normal de 200 à 240 litres d'essence à l'heure.



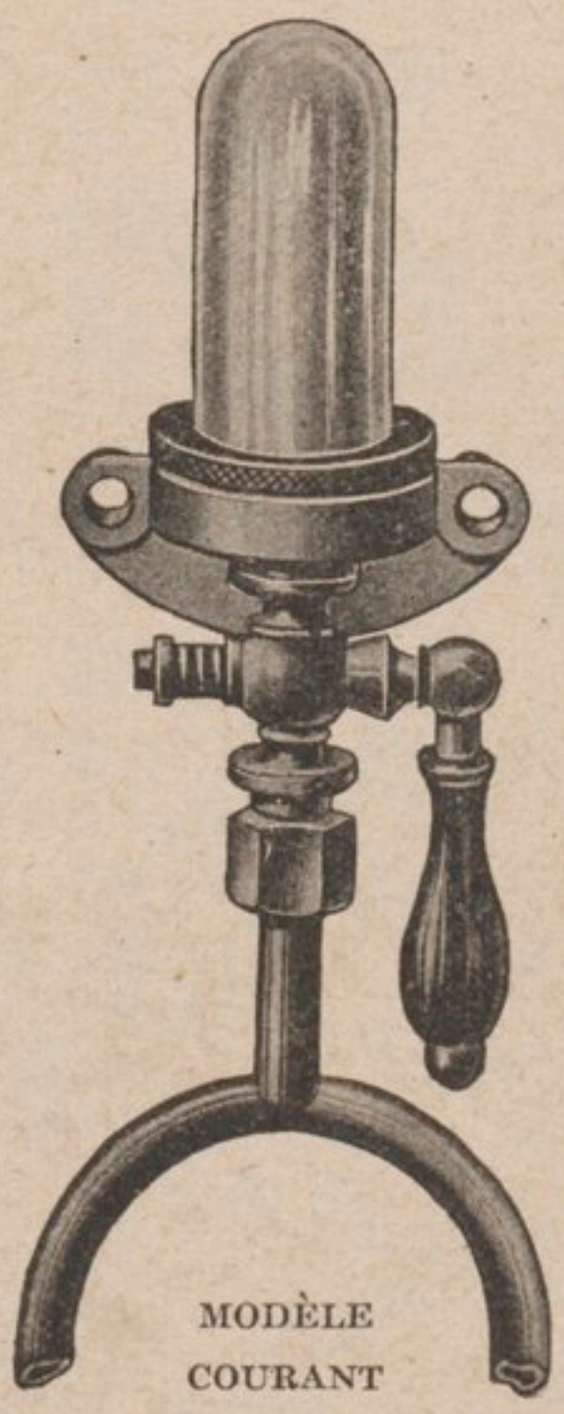
se referme ensuite pour retenir la colonne de liquide ascendante dès que le piston de la pompe exerce son action aspirante.

La manœuvre est donc absolument automatique et les risques de non-fonctionnement du système, étant donné la simplicité de celui-ci, sont à peu près nuls. Cependant, pour le cas où, par extraordinaire, une panne surviendrait malencontreusement, il a été prévu une pompe de secours à main, pouvant être branchée sur le pulsateur, par l'intermédiaire d'un tuyau de caoutchouc dont l'intérieur est entoilé. Pour obtenir un débit normal de 200 à 240 litres à l'heure, le pilote doit approximativement donner trente coups de piston par minute. Cela complique évidemment la conduite de l'avion, singulièrement facilitée, au contraire, par l'emploi de la pompe automatique.

La Société Astra a également mis en fabrication une pompe à essence, actionnée directement par le moteur et qui constitue une amélioration particulièrement heureuse du système que nous venons de décrire.

Il faut aussi que le pilote sache à tout instant la quantité d'essence dont il peut encore disposer. A cet effet, connaissant la consommation horaire de son moteur, il peut estimer approximativement, en jetant un coup d'œil sur sa montre, le moment où la panne d'essence sera à redouter. Mais il dispose généralement d'un moyen plus précis : il s'agit d'un niveau coloré, placé, sur le Nieuport, par exemple, juste en face du pilote. Sur un autre appareil de chasse, l'indicateur d'essence consiste en un petit flotteur relié à un fil souple enroulé en spirale. Sur la spirale est fixée une aiguille métallique qui se déplace devant un cadran indicateur. Les graduations de ce cadran varient de 0 à un chiffre donné, qui est celui de la capacité maximum du réservoir d'essence. (fig. p. 53).

Nous pouvons aussi signaler que le pilote d'avion a maintenant à sa disposition le moyen d'éviter l'explosion du réservoir d'essence en cas d'incendie à bord. Le dispositif employé consiste en un panneau de déchirure situé à la partie inférieure du réservoir. Si, pour une raison quelconque, l'essence s'enflamme subitement, le pilote tire sur ce panneau de déchirure et l'essence est instantanément



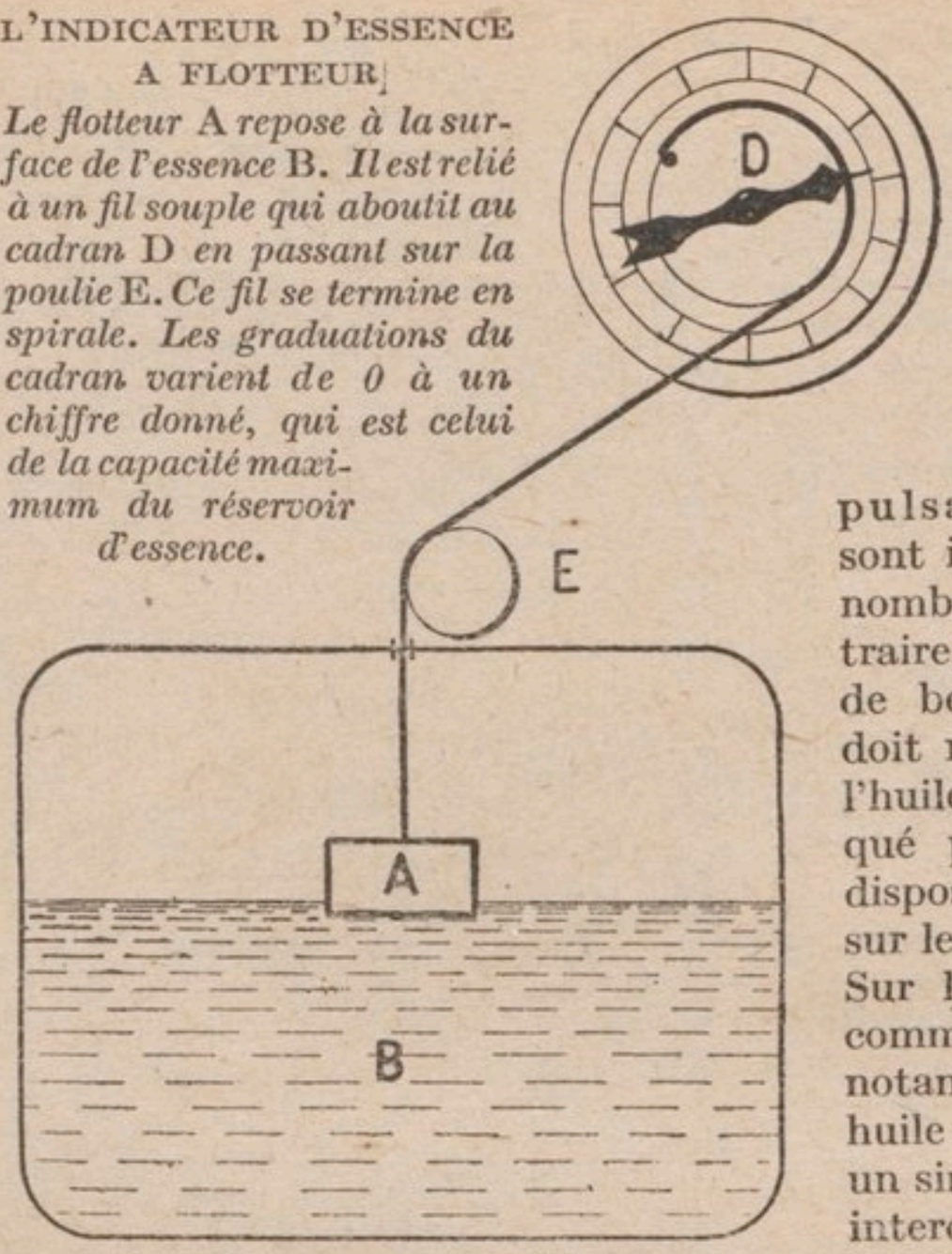
MODÈLE COURANT DE CLOCHE A HUILE

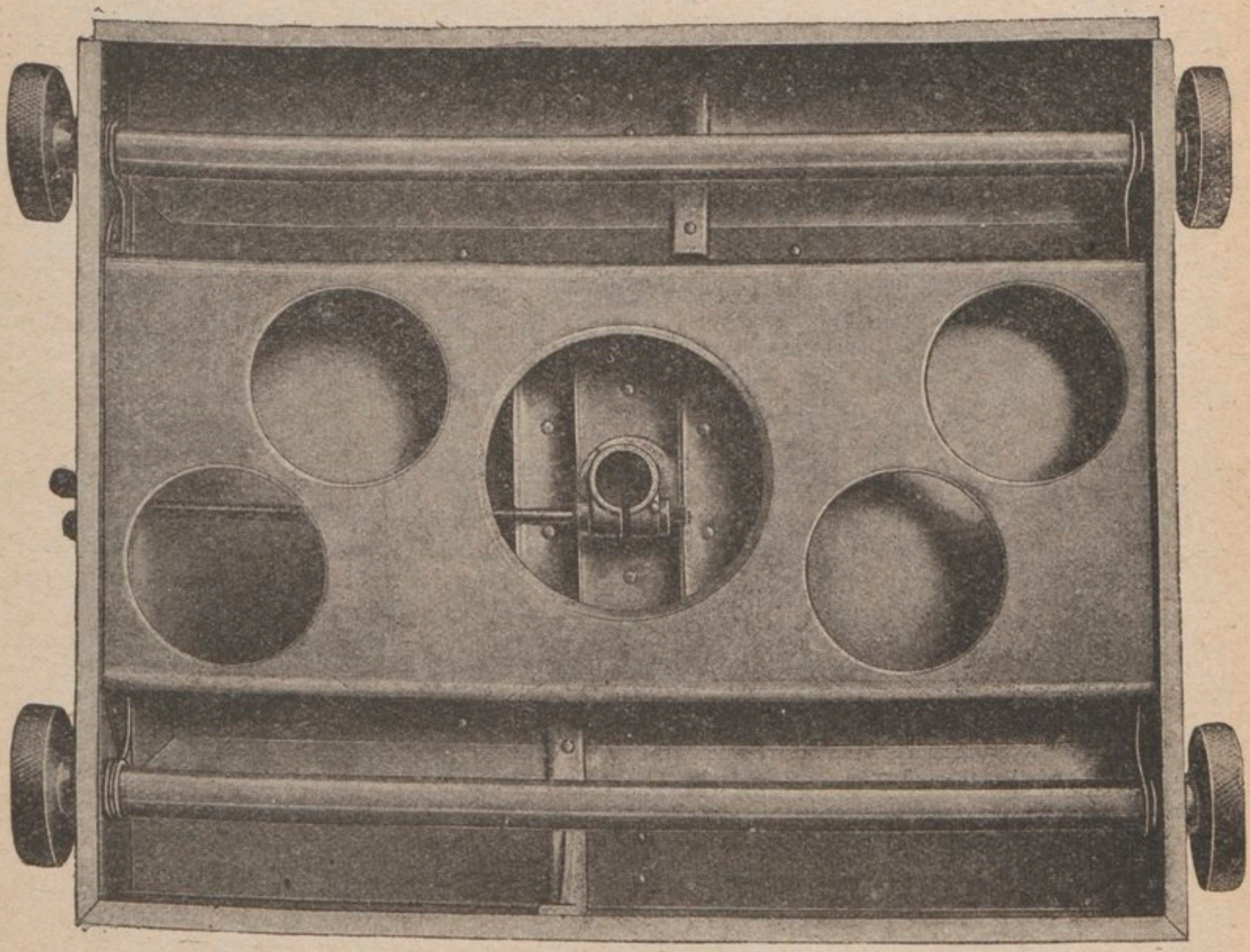
évacuée du réservoir.

La circulation normale de l'huile est naturellement indispensable au bon fonctionnement du moteur. Aussi le pilote est-il tenu de surveiller constamment l'arrivée du lubrifiant aux organes du moteur. Pour cela, il dispose d'une petite cloche à huile placée sur le longeron de droite, aux côtés du contact et des manettes. A l'intérieur de la cloche est une certaine quantité d'huile, mise en communication avec le tuyau de circulation au moyen d'un petit tube métallique. Chaque fois qu'un flot d'huile passe dans le tuyau de circulation, il se produit dans la cloche une sorte de remous qui agite le lubrifiant qu'elle contient. Si la circulation d'huile est normale, il doit ainsi se produire environ soixante-dix remous à la minute. Si les pulsations de l'huile sont inférieures à ce nombre, ou si, au contraire, elles le dépassent de beaucoup, le pilote doit régler l'arrivée de l'huile dans le sens indiqué par la cloche. Ce dispositif est appliqué sur les moteurs rotatifs. Sur les moteurs fixes, comme celui du Spad, notamment, la cloche à huile est remplacée par un simple tube de verre intercalé sur le tuyau

L'INDICATEUR D'ESSENCE A FLOTTEUR

Le flotteur A *repose à la surface de l'essence* B. *Il est relié à un fil souple qui aboutit au cadran* D *en passant sur la poulie* E. *Ce fil se termine en spirale. Les graduations du cadran varient de 0 à un chiffre donné, qui est celui de la capacité maximum du réservoir d'essence.*





DÉROULE-CARTE DESTINÉ AUX RECONNAISSANCES AÉRIENNES

La boîte d'aluminium contient des petits tubes cylindriques pourvus à chacune de leurs extrémités d'un large bouton. La carte s'enroule et se déroule sur ces tubes. Elle est protégée par un couvercle de mica.

même de la circulation. On peut ainsi surveiller la régularité avec laquelle l'huile passe dans ce tuyau. Un dispositif semblable est employé sur le même appareil — il l'était également sur le monoplan Blériot 80 HP du temps de paix — pour permettre au pilote de suivre l'arrivée normale de l'essence au moteur.

Enfin, pour en finir avec les organes de contrôle de la partie motrice, signalons la présence, en face du pilote, d'un compte-tours. C'est un cadran pourvu d'une aiguille et comportant une graduation de 100 à 1.500. On sait que l'aiguille, en s'arrêtant sur l'une de ces graduations, indique le nombre de tours faits par l'arbre du moteur en une minute. Le pilote est ainsi à même de se rendre compte, à tout instant, de la façon dont tourne son moteur. Sur certains moteurs fixes de 140 et 200 HP, la graduation va jusqu'à 2.000 et 2.500. La description du compte-tours lui-même sortirait du cadre de cet article. Disons seulement que les différents systèmes utilisés se rattachent à deux principes essentiels: l'un exclusivement mécanique, l'autre électro-magnétique.

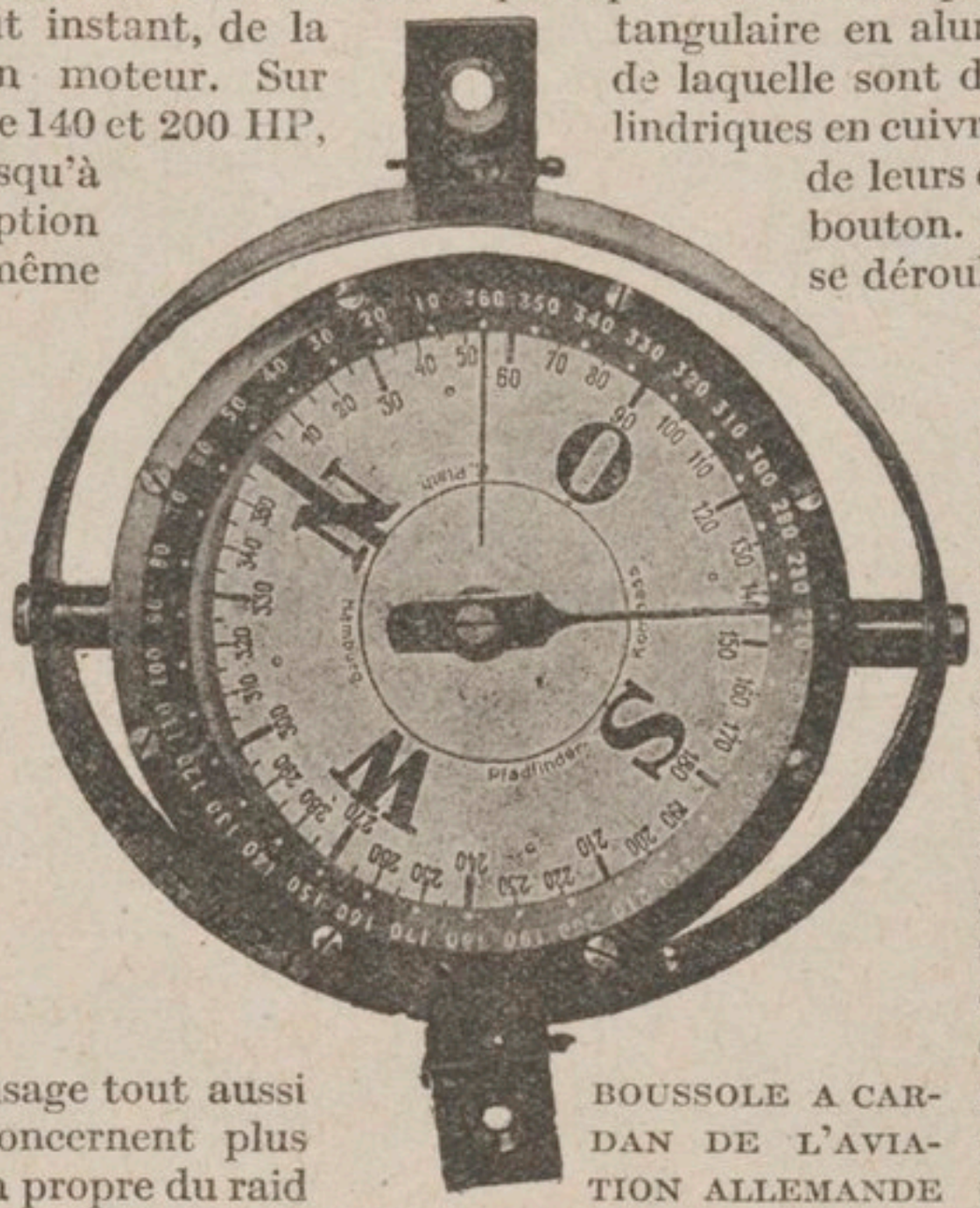
Ce sont à peu près là tous les organes mis à la disposition du pilote pour lui faciliter la commande et le réglage de son moteur. A côté de ces organes, il en est d'autres d'un usage tout aussi important, mais qui concernent plus spécialement l'exécution propre du raid aérien. Ce sont le déroule-carte, la boussole, l'altimètre, la montre de bord, etc.

Quand il s'agit d'exécuter une opération aérienne d'un peu longue haleine, sur une distance assez grande, l'emploi d'un déroule-carte est absolument indispensable. Même pour un vol de courte durée, à proximité de l'aérodrome, cet instrument est utile. Au cours du Circuit de l'Est, le regretté Legagneux s'était contenté d'épingler un fragment de la carte d'état-major dont il se servait, sur ses genoux. Pendant le vol, les épingles tombèrent, le papier se déchira et la carte elle-même finit par s'envoler. Certains pilotes se contentent aujourd'hui encore de fixer leur carte sur une planchette au moyen de quelques punaises ; ils tracent leur itinéraire à l'avance par un trait rouge bien visible et placent la planchette sur leurs genoux.

QUATRE INSTRUMENTS DE BORD RÉUNIS EN UN SEUL

Sur le déroule-carte sont fixés la montre, l'altimètre et la boussole (avions Blériot).

Le déroule-carte est tout de même plus pratique ! Il se compose d'une boîte rectangulaire en aluminium, à l'intérieur de laquelle sont deux petits tubes cylindriques en cuivre, pourvus à chacune de leurs extrémités d'un large bouton. La carte s'enroule et se déroule sur ces tubes. Pour la protéger, on la recouvre d'une plaque de mica, encastrée dans un cadre d'aluminium qui forme le couvercle de la boîte. La surface du mica est divisée en un certain nombre de petits carrés qui permettent au pilote de situer plus rapidement la position de son avion au-dessus du sol. Le déroule-carte repose généralement sur un support en fer fixé lui-même sur l'un des bords de la carlingue.



BOUSSOLE A CARDAN DE L'AVIATION ALLEMANDE

L'instrument est plongé dans un bain de glycérine contenu dans une cuvette demi-sphérique.

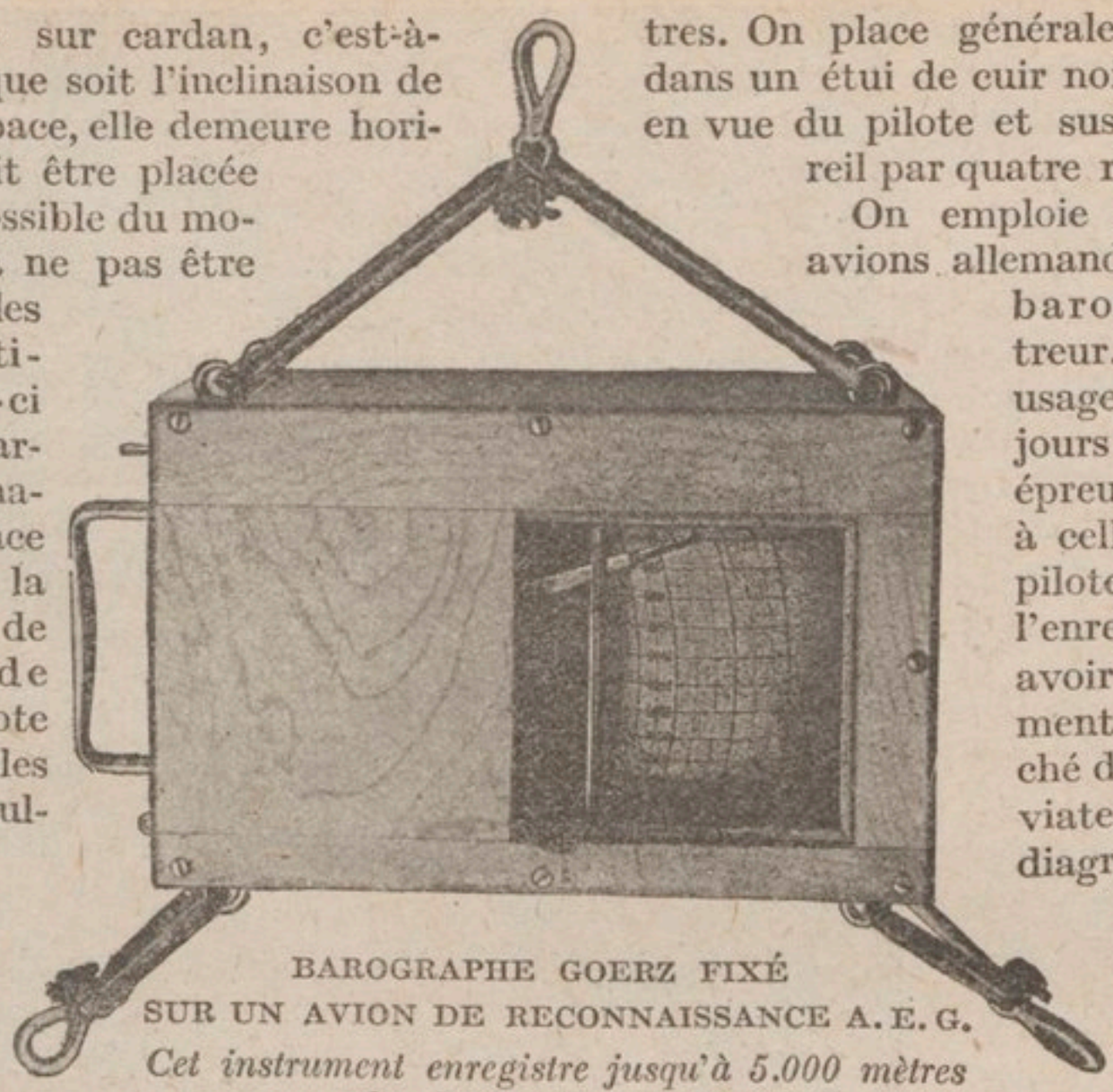
La boussole employée est presque

toujours montée sur cardan, c'est-à-dire que, quelle que soit l'inclinaison de l'avion dans l'espace, elle demeure horizontale. Elle doit être placée aussi loin que possible du moteur de façon à ne pas être influencée par les masses magnétiques que celui-ci comporte, en particulier par la magnéto. On la place généralement à la partie inférieure de la carlingue, de sorte que le pilote n'a qu'à baisser les yeux pour la consulter facilement.

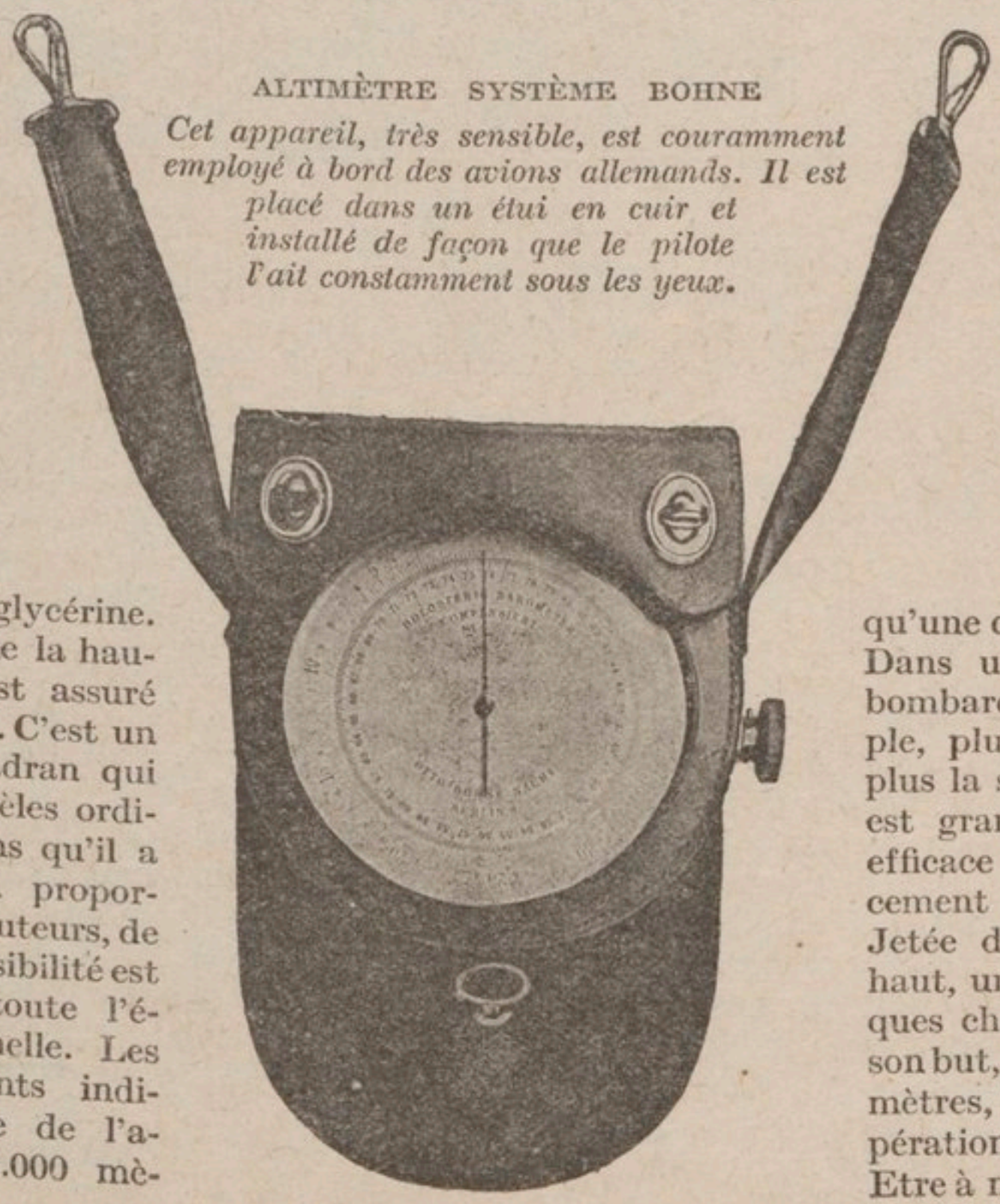
Les Allemands utilisent sur quelques appareils une boussole fixe qu'ils disposent sur le plan supérieur de l'avion. A l'encontre du dispositif que nous avons adopté en France, le cadran est naturellement dirigé vers le bas. L'avantage de ce système de montage est d'éloigner suffisamment la boussole du moteur pour que l'on soit sûr qu'elle ne sera pas influencée par la magnéto. La particularité de la boussole à cardan, destinée à l'aviation, est qu'elle est entièrement noyée dans un vase rempli de glycérine.

Le contrôle de la hauteur atteinte est assuré par un altimètre. C'est un baromètre à cadran qui diffère des modèles ordinaires en ce sens qu'il a une graduation proportionnelle aux hauteurs, de sorte que la sensibilité est la même sur toute l'étendue de l'échelle. Les modèles courants indiquent l'altitude de l'avion jusqu'à 6.000 mètres. On place généralement l'altimètre dans un étui de cuir noir ou fauve, bien en vue du pilote et suspendu à l'appareil par quatre ressorts à boudin.

On emploie aussi — sur les avions allemands surtout — le baromètre enregistreur. En France, son usage est presque toujours réservé aux épreuves sportives ou à celles du brevet de pilote. Dans ce cas, l'enregistreur, après avoir été soigneusement scellé, est accroché dans le dos de l'aviateur. La courbe du diagramme obtenu permet de suivre les variations d'altitude de l'appareil et de constater si le pilote a bien atteint la hauteur prescrite. Sur la plupart des avions allemands abattus dans nos lignes, nous avons trouvé un baromètre-enregistreur. Comme cet appareil n'est nullement indispensable au pilote et qu'il n'empêche pas celui-ci d'emmener avec lui un altimètre, nous sommes naturellement amenés à penser que les chefs de l'aéronautique allemande n'ont, dans la bonne foi et le *cran* de leurs aviateurs, qu'une confiance limitée. Dans une opération de bombardement, par exemple, plus on vole haut, plus la sécurité du pilote est grande, mais moins efficace aussi est le lancement des projectiles. Jetée de 500 mètres de haut, une bombe a quelques chances d'atteindre son but, alors que de 2.000 mètres, le résultat de l'opération est bien douteux. Etre à même de contrôler



BAROGRAPHE GOERZ FIXÉ
SUR UN AVION DE RECONNAISSANCE A. E. G.
Cet instrument enregistre jusqu'à 5.000 mètres les hauteurs atteintes.

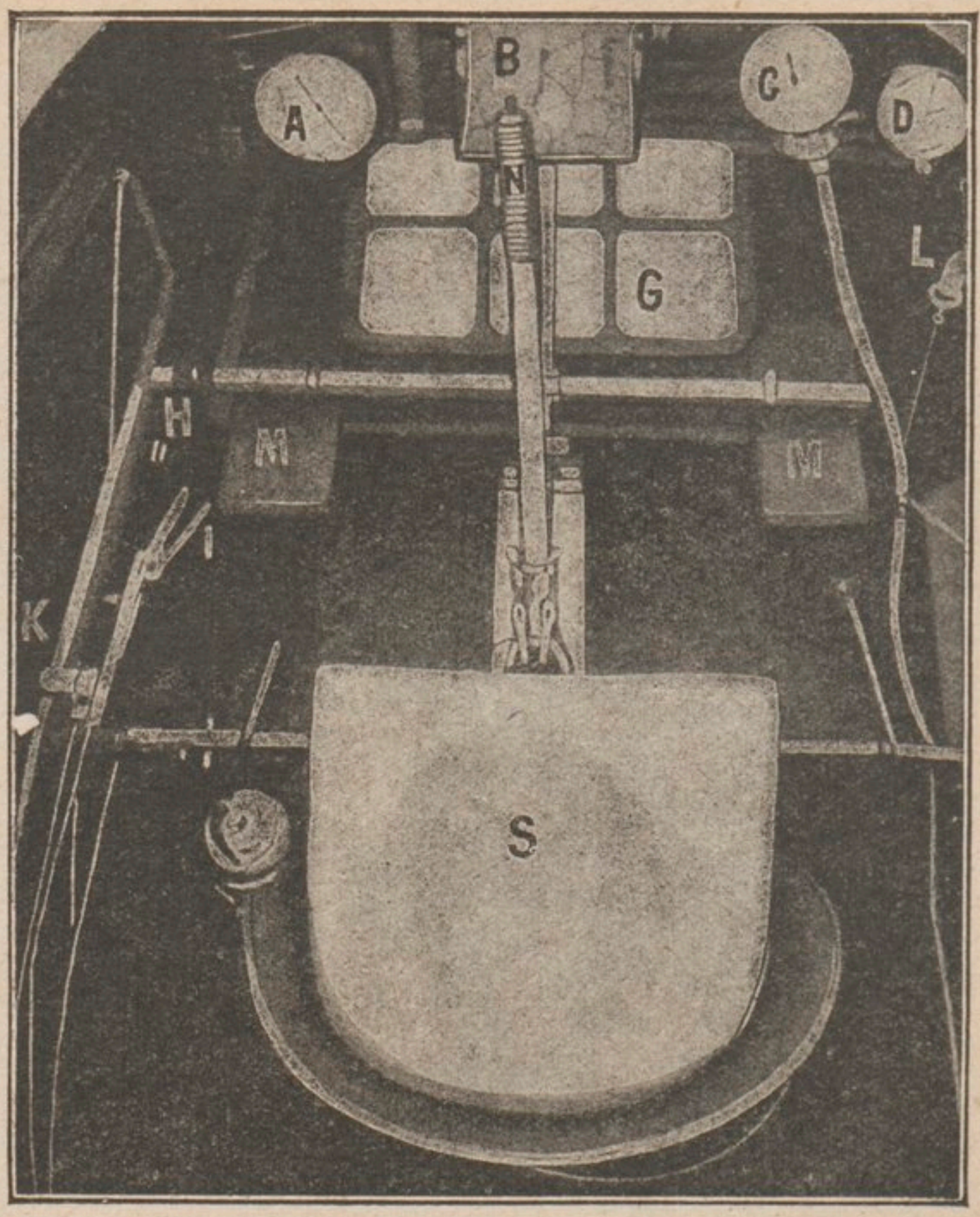


ALTIMÈTRE SYSTÈME BOHNE
Cet appareil, très sensible, est couramment employé à bord des avions allemands. Il est placé dans un étui en cuir et installé de façon que le pilote l'ait constamment sous les yeux.

le vol en altitude de leurs pilotes semble donc être la principale raison qu'aient les Allemands de pourvoir les avions de toutes catégories d'un baromètre-enregistreur.

Celui-ci sort naturellement des meilleures maisons d'outre-Rhin ; il est enfermé dans une boîte de bois blanc et relié à l'aéroplane par une suspension élastique représentée à la page 55.

La montre de bord est un instrument fort utile au pilote en ce sens qu'elle lui permet, outre de connaître et de noter le moment précis où il découvre chez l'ennemi un mouvement de troupes intéressant, l'instant où il doit abandonner le combat ou interrompre sa mission pour regagner ses lignes parce que sa provision d'essence est sur le point d'être épuisée. La présence de cette montre de bord, qui ne diffère des modèles courants que par ses dimensions plus grandes, a certainement évité bien des pannes d'essence en territoire ennemi. Elle permet aussi au pilote de se rendre compte de la vitesse effective de son appareil par rapport au sol.



LE POSTE DU PILOTE SUR UN AVION VOISIN

A, *altimètre;* B, *déroule-carte;* C, *compte-tours;* D, *montre de bord;* G, *glace transparente pour l'observation;* S, *siège;* H, *contact de l'allumage;* I, *commande de l'admission d'essence;* K, *commande de l'arrivée d'air;* L, *cloche de la circulation d'huile;* M M, *cale-pieds du palonnier;* N, *manche à balai.*

Comme le bruit du moteur empêche le pilote d'entendre les instructions que pourrait avoir à lui communiquer son passager, certains appareils biplaces ont été pourvus d'un dispositif extrêmement intéressant qui permet d'obvier à cet inconvénient Il s'agit d'un appareil de transmission comportant deux cadrans, l'un placé en face du pilote, l'autre vis-à-vis de l'observateur. Chacun de ces cadrans porte certaines inscriptions telles que *à droite, à gauche, monter, descendre,* etc... Ces inscriptions sont les mêmes sur les deux cadrans. Devant elles oscille une aiguille commandée par une poignée. Les deux poignées sont reliées par une tringle, de sorte qu'en plaçant l'une des aiguilles sur une inscription quelconque de l'un des cadrans, l'aiguille de l'autre s'arrête sur l'inscription correspondante. C'est, en somme, une sorte de petit télégraphe qui rend aux aviateurs de réels services. Si l'observateur veut monter ou virer, par exemple, ou si, au contraire, le pilote veut attirer l'attention de son observateur sur l'arrivée d'un ennemi, à droite ou à gauche, il suffit à l'un ou à l'autre d'actionner la poignée qu'ils ont devant eux.

Le froid est, pour l'aviateur, un redoutable ennemi ; pendant l'hiver, les pilotes ont parfois à subir une température de 40°, quand ils volent la nuit à grande hauteur. C'est pourquoi on a pourvu la carlingue de leurs appareils de petites chaufferettes électriques.

Il faut souhaiter que cette question du confort soit étudiée avec soin, si l'on veut que notre aviation devienne parfaite.

GEORGES HOUARD.

L'OUTILLAGE SPÉCIAL POUR LA FABRICATION EN SÉRIE

Par Jean OERTLÉ

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

Le prix de revient d'une pièce mécanique varie dans des limites très étendues, suivant les procédés de fabrication qui ont servi à effectuer l'usinage. Mais les méthodes de travail qui permettent d'obtenir un rendement élevé ne sont applicables qu'à la condition de produire un nombre suffisant de pièces identiques, en d'autres termes, d'organiser une *fabrication en série*.

L'explication de ce fait est très simple : le prix de revient d'une pièce mécanique est la somme de trois facteurs : la *matière première*, la *main-d'œuvre* et les *frais généraux*. La matière première est un facteur constant, dans le problème qui nous occupe ; la réduction de la main-d'œuvre ne peut se faire qu'en utilisant un outillage perfectionné, étudié spécialement en vue de l'application que l'on a en vue. L'établissement de cet outillage est une source de dépense supplémentaire, dont l'amortissement rentre dans les frais généraux. On augmente donc obligatoirement les frais généraux, si l'on veut réduire la main-d'œuvre. Or, cet outillage spécial étant créé, la réduction du prix de la main-d'œuvre est *constante par pièce usinée*, alors que l'amortissement *diminue avec le nombre de pièces*. — Cela est mathématique.

Il en résulte que le prix de revient est d'autant moins élevé que le nombre de pièces est plus grand. On arrive dans les cas extrêmes à une réduction de 60 à 80 %.

C'est parce qu'elles avaient adopté la *fabrication en série*, que les usines allemandes, et surtout américaines, importaient avant la guerre, à un prix de vente très inférieur au nôtre, les automobiles, les moteurs, les machines-outils, en un mot tous les engins mécaniques qui concurrençaient sur nos marchés, en dépit de droits de douane élevés, les produits similaires de construction française.

Mais la guerre a rénové les méthodes de travail de nos ateliers mécaniques. La nécessité de produire des obus d'une façon intensive, avec une main-d'œuvre inexpérimentée, en grande partie féminine, a imposé à nos industriels l'adoption des procédés de *fabrication en série*. Ils ont été conduits à étudier un outillage spécial, suppléant à l'insuffisance technique des ouvriers et des ouvrières, et simplifiant à l'extrême la conduite de l'usinage. Les avantages de la méthode ont été ainsi rendus si évidents que l'on peut compter voir, après la guerre, notre industrie lutter à armes égales avec l'industrie étrangère, en produisant, à aussi bon compte et à qualités égales, des produits dont le monopole semblait jusqu'ici réservé aux usines, mieux organisées, d'outre-Rhin et du Nouveau Monde.

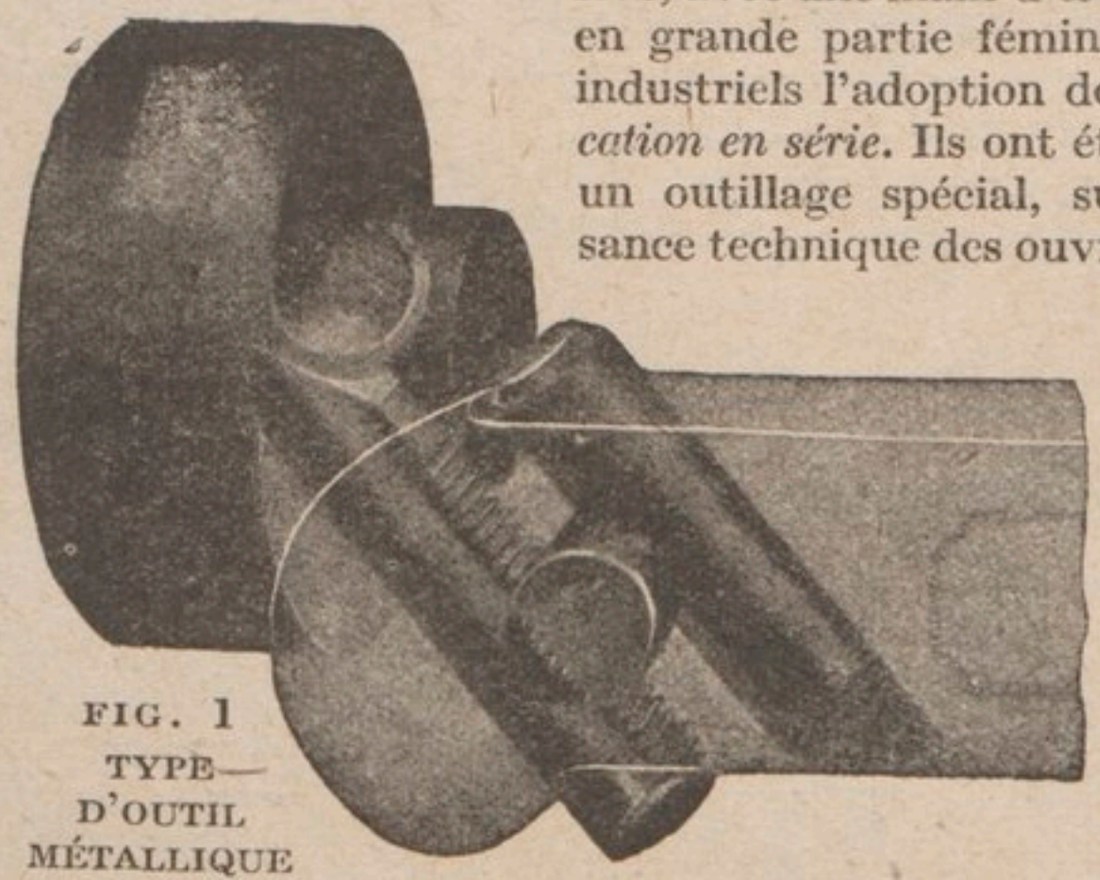


FIG. 1 TYPE D'OUTIL MÉTALLIQUE

Ces outils pénètrent dans le métal des pièces exactement à la façon d'un coin, en soulevant un copeau qui s'enroule sur lui-même.

Nous nous proposons, dans cet article forcément bref, de donner un aperçu de l'outillage spécial utilisé pour la fabrication en série, en étudiant d'abord les *outils* établis dans ce but, puis en passant en revue les *machines-outils* perfectionnées dont l'emploi permet un abaissement notable du prix de revient.

Outils

Les outils servant à l'usinage des métaux peuvent être classés en deux catégories :

1° Les outils ou instruments métalliques ;

2° Les meules de composition diverse.

Les *outils métalliques*, bien que de types extrêmement nombreux, désagrègent le métal des pièces suivant un processus invariable : l'outil pénètre dans la pièce à la façon d'un coin, grâce au mouvement relatif dont ils sont animés l'un par rapport à l'autre. Il se forme un copeau qui s'enroule sur lui-même, puis se rompt en fragments d'autant moins longs que le métal de la pièce est moins ductile (fig. 1, p. précédente).

Le rendement de l'opération dépend de nombreux facteurs dont l'un des plus importants est l'angle du coin formé par l'outil, ou *angle de coupe*, et l'angle sous lequel la face supérieure de l'outil attaque la pièce soumise à l'usinage, ou *angle d'attaque*.

Il est évident que l'outil ne peut pénétrer dans le métal de la pièce que s'il est constitué par un métal particulièrement dur.

Pendant longtemps, on a utilisé les aciers ordinaires dits *au carbone*, de nuance dure, trempés et revenus. Mais ces outils ne peuvent donner un rendement très élevé, car si la passe est trop forte ou la vitesse de coupe trop grande, la pointe de l'outil rougit, se détrempe et perd sa dureté. L'outil devient par suite inutilisable et doit être régénéré par un nouveau traitement thermique.

Un premier progrès très important fut réalisé par l'adoption d'*outils rapides* en *acier autotrempant*. Ces aciers renferment, outre le fer et le carbone formant la base des aciers ordinaires, du chrome et du tungstène, qui leur communiquent la propriété de tremper à l'air au lieu d'exiger, comme les aciers au carbone, une immersion dans l'eau. Par suite, un échauffement momentané ne leur fait pas perdre définitivement leur dureté ; si l'on arrête à temps l'opération d'usinage, ils reprennent leur dureté en refroidissant.

Mais la découverte capitale, due en majeure partie aux travaux de l'ingénieur américain Taylor, est l'utilisation des outils en *acier extra-rapide*. Ces aciers sont non seulement autotrempants, mais ils possèdent la propriété remarquable de conserver au

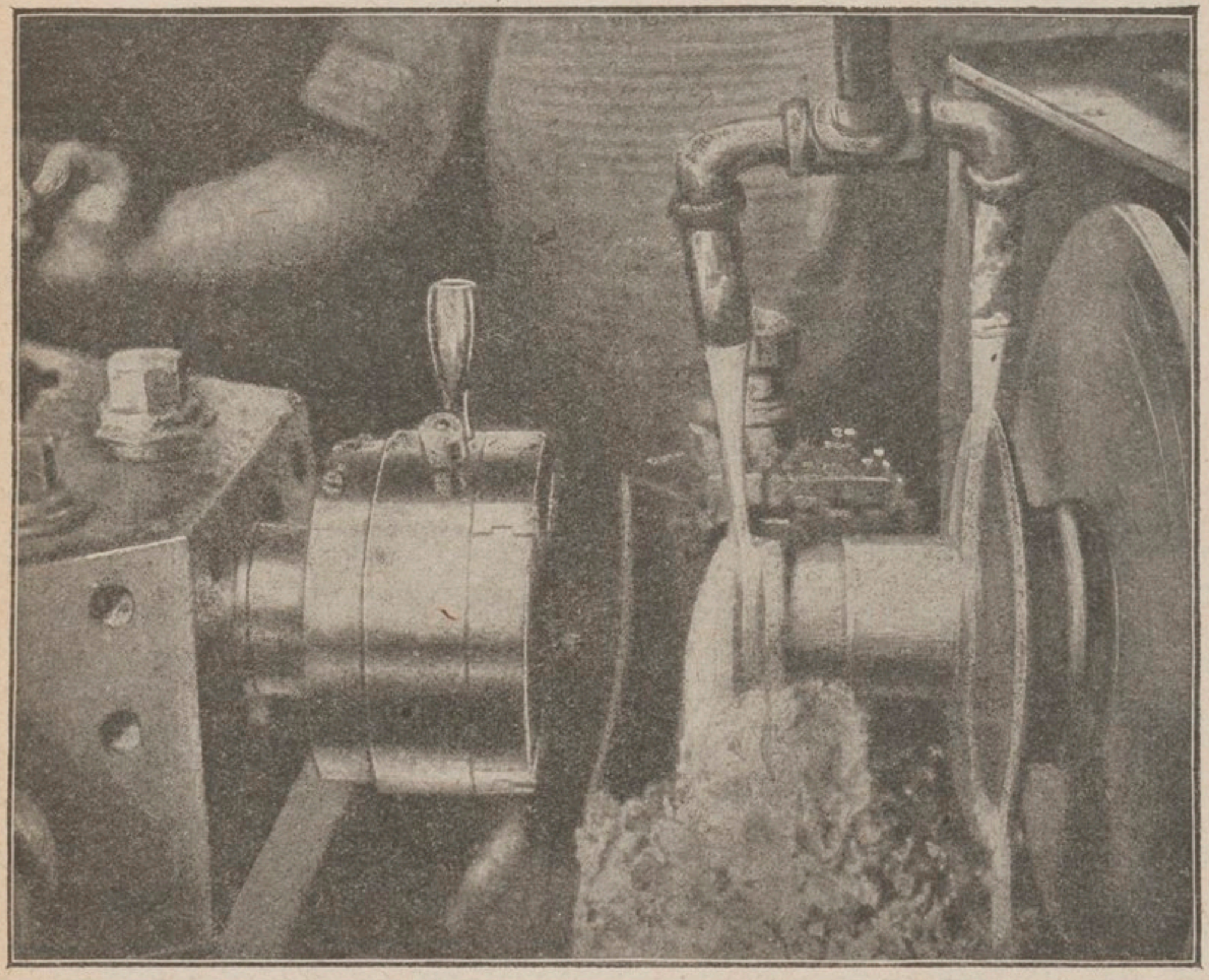


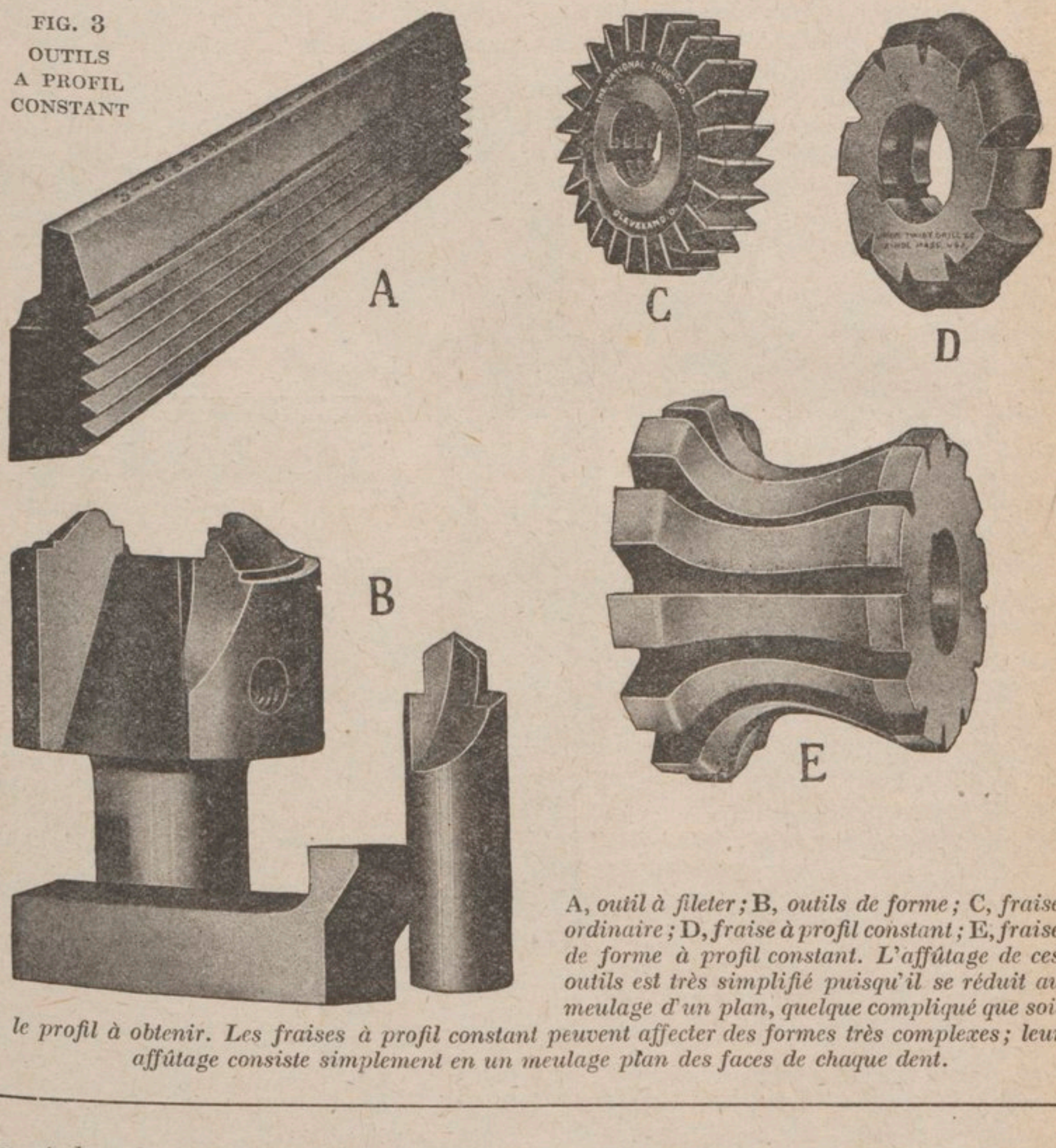
FIG. 2 — LE RENDEMENT DES OUTILS, MÊME LORSQU'ILS SONT ÉTABLIS EN ACIER EXTRA-RAPIDE, EST NOTAMMENT AUGMENTÉ PAR UN JET D'EAU SAVONNEUSE ININTERROMPU, ALIMENTÉ PAR UNE PETITE POMPE A ENGRENAGE

rouge une dureté suffisante pour entamer le métal des pièces à usiner. La composition des aciers extra-rapides est très variable, ils renferment tous du chrome et une forte proportion de tungstène. La dureté à chaud ne peut être obtenue qu'avec une teneur en tungstène d'au moins 15 %. On trouve également dans les aciers extra-rapides : du molybdène, du vanadium, du manganèse et du silicium. On utilise depuis peu de temps des alliages métalliques possédant les propriétés des aciers extra-rapides, bien que n'étant pas des aciers, puisqu'ils ne renferment ni fer ni carbone. Nous citerons parmi ces alliages la *stellite*, qui renferme du cobalt, du chrome et du tungstène. Le cobalt étant de la même famille chimique que le fer, on s'explique assez facilement, par cette parenté, très étroite, la similitude des résultats obtenus.

La stellite s'emploie brute de coulée. après affûtage à la meule. Elle permet des vitesses de coupe très supérieures à celles qui sont admises pour les aciers extra-rapides.

Pour donner une idée de l'augmentation de rendement résultant de l'adoption des aciers rapides, nous donnons, ci-après, un petit tableau des vitesses de coupe maxima réalisables avec des pièces en acier mi-dur :

FIG. 3
OUTILS
A PROFIL
CONSTANT



A, outil à fileter ; B, outils de forme ; C, fraise ordinaire ; D, fraise à profil constant ; E, fraise de forme à profil constant. L'affûtage de ces outils est très simplifié puisqu'il se réduit au meulage d'un plan, quelque compliqué que soit le profil à obtenir. Les fraises à profil constant peuvent affecter des formes très complexes ; leur affûtage consiste simplement en un meulage plan des faces de chaque dent.

MÉTAL DE L'OUTIL	VITESSES DE COUPE
Acier au carbone..	4 m. 90 par minute
Acier rapide.....	18 mètres —
Acier extra-rapide.	30 mètres —
Stellite.....	60 mètres —

Le métal de l'outil n'est pas le seul facteur qui exerce une influence sur le rendement de l'usinage. Les travaux de Taylor sur la coupe des métaux ont fait connaître le problème dans son ensemble, en fixant, dans chaque cas, les conditions à réaliser pour obtenir le rendement maximum. Ce problème ne comporte pas moins de treize variables ; son étude sortirait évidemment du cadre de cet article. Nous nous contenterons de signaler l'importance que présente, dans l'organisation d'une *fabrication en série*, la détermination parfaitement correcte des éléments fondamentaux de toute opération d'usinage, savoir : la *vitesse de coupe*, le *serrage* et *l'avance*.

Parmi les facteurs les plus importants du problème de la coupe des métaux, il faut citer spécialement le *refroidissement des outils* et la *forme du taillant*.

Bien que les outils en acier extra-rapide conservent leur dureté à chaud, le rendement de l'opération diminue avec la température. On a donc avantage à refroidir la pointe de l'outil au moyen d'un filet d'eau. Cette eau, légèrement savonneuse pour éviter la rouille, sera distribuée par une canalisation, alimentée par une pompe (figure 2).

La forme du taillant varie avec la nature de la surface à usiner. S'il s'agit d'un plan ou d'un cylindre, le rendement maximum sera obtenu avec un taillant courbe, mais, dans les autres cas, on sera obligé d'employer des *outils de forme*, dont le taillant sera établi suivant le profil à usiner et le type d'outil spécial choisi pour l'usinage.

Classification des outils. — Les outils métalliques peuvent, à ce point de vue, être divisés en deux groupes :

1° Les *outils fixes ;*

2° Les *outils rotatifs.*

Les outils fixes sont assez nombreux ; ce sont ceux qui sont assujettis à demeure sur le chariot porte-outil, tels que les outils de tour, de raboteuse, d'étau-limeur, etc.

Les outils rotatifs, au contraire, tournent autour d'un axe faisant partie intégrante du porte-outil : ce sont les fraises, les mèches et forets, les tarauds et filières, etc...

La forme du taillant devra donc être déterminée pour chaque cas particulier.

Outils à profil constant. — Dans la fabrication en série, les outils travaillent toujours de façon intensive, s'usent rapidement et on ne peut assurer un usinage précis que par des affûtages fréquents. Mais ces affûtages sont particulièrement difficiles à conduire lorsque la forme du taillant est compliquée.

Ce problème, dont on conçoit l'importance, se trouve considérablement simplifié par l'emploi des *outils à profil constant.*

Les outils fixes à profil constant sont constitués par un prisme ou un cylindre de révolution dont une section oblique, faite suivant l'angle d'attaque, présente la forme exacte du taillant à utiliser.

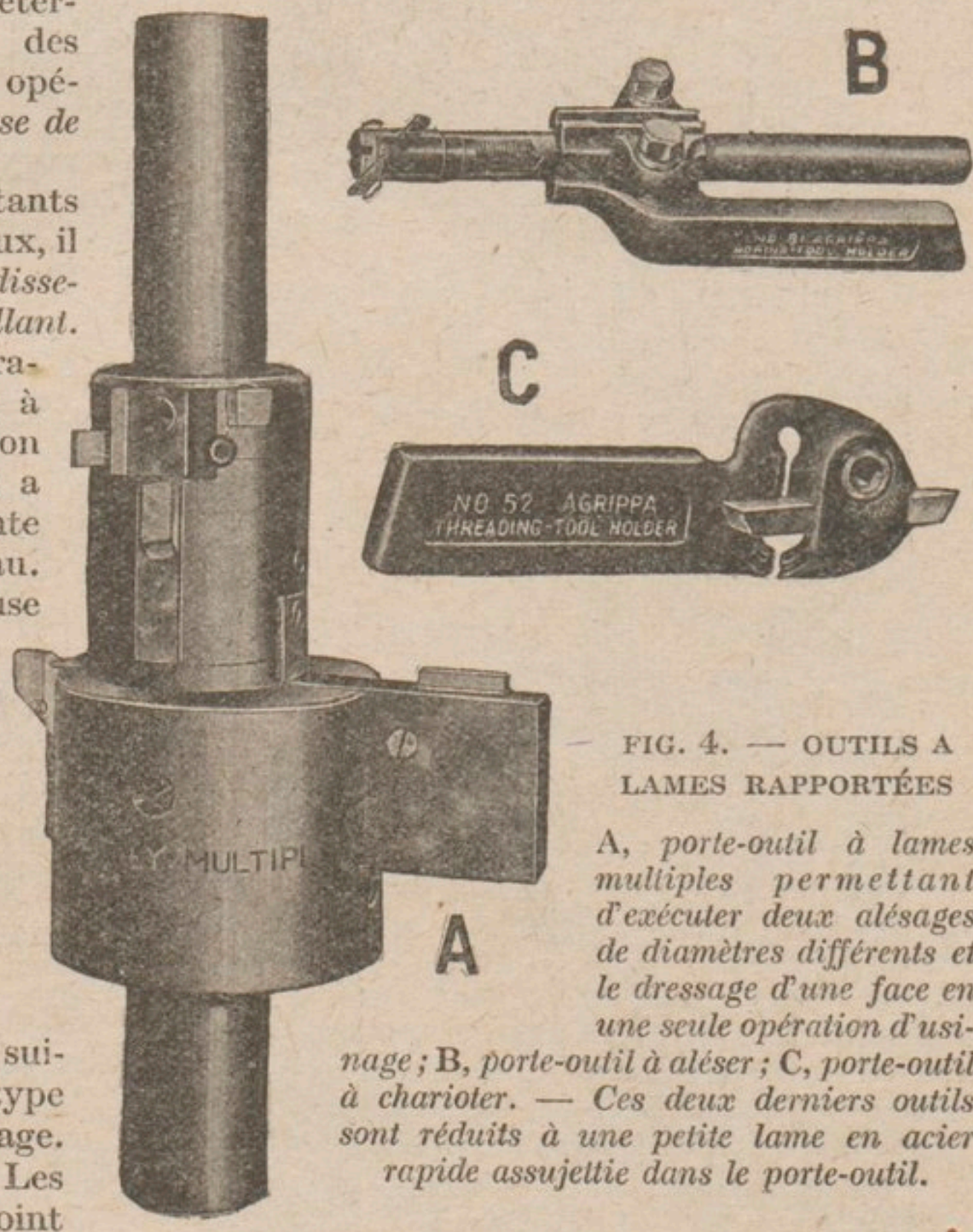


FIG. 4. — OUTILS A LAMES RAPPORTÉES

A, porte-outil à lames multiples permettant d'exécuter deux alésages de diamètres différents et le dressage d'une face en une seule opération d'usinage ; B, *porte-outil à aléser ;* C, *porte-outil à charioter. — Ces deux derniers outils sont réduits à une petite lame en acier rapide assujettie dans le porte-outil.*

Lorsque les bords de ce taillant sont usés, il suffit de meuler l'outil suivant un plan, présentant l'inclinaison voulue, pour régénérer la forme initiale. D'abord employé pour les outils à fileter (fig. 3-A), ce type d'outil a été généralisé et sert actuellement dans la plupart des cas. La figure 3 représente quelques outils fixes à profil constant.

Au point de vue de la coupe des métaux, on peut considérer chaque dent de fraise comme un outil, animé d'un mouvement de rotation rapide autour de l'axe de la fraise.

Les fraises peuvent donc être *à profil constant*, si les dents sont établies suivant le principe qui précède. L'affûtage sera dès lors réduit à un meulage plan de chacune des dents suivant la face travaillante. Grâce à

cette simplification considérable, on a pu donner aux fraises des formes extrêmement compliquées, permettant l'usinage des pièces dans des conditions de commodité et d'économie remarquables (fig. 3-C, D, E).

Outils à lames rapportées. — Il est reconnu que lorsqu'un outil fixe a été affûté une dizaine de fois, il doit être forgé à nouveau. Mais les affûtages et le forgeage ne portent que sur l'une des extrémités de l'outil, le corps ne servant en somme que de support à la partie qui constitue le « taillant ».

Les aciers rapides et extra-rapides étant d'un prix très élevé, on a été conduit à établir des outils, constitués par un corps en *acier ordinaire* et une pointe en *acier spécial*. Cette pointe peut être rapportée, par soudure électrique ou par brasure au cuivre, sur une tige ronde en acier doux au carbone. Plus simplement, on peut se servir de porte-outils spéciaux, comme ceux représentés figure 4-B, C. L'outil est réduit, dans ce cas, à une lame de faible longueur, assujettie par une vis de pression dans un logement ménagé dans le porte-outil.

Mais on peut, dès lors, monter plusieurs lames dans le même porte-outil ; on obtient ainsi des outils effectuant plusieurs opérations d'usinage au cours d'une même passe. L'outil représenté par la figure 4-A exécute à la fois deux alésages et un dressage.

De même, les fraises et les alésoirs de grand diamètre peuvent être construits en rapportant des lames en acier extra-rapide sur un disque en acier ordinaire (fig. 5-A, B).

Le même principe est encore appliqué à

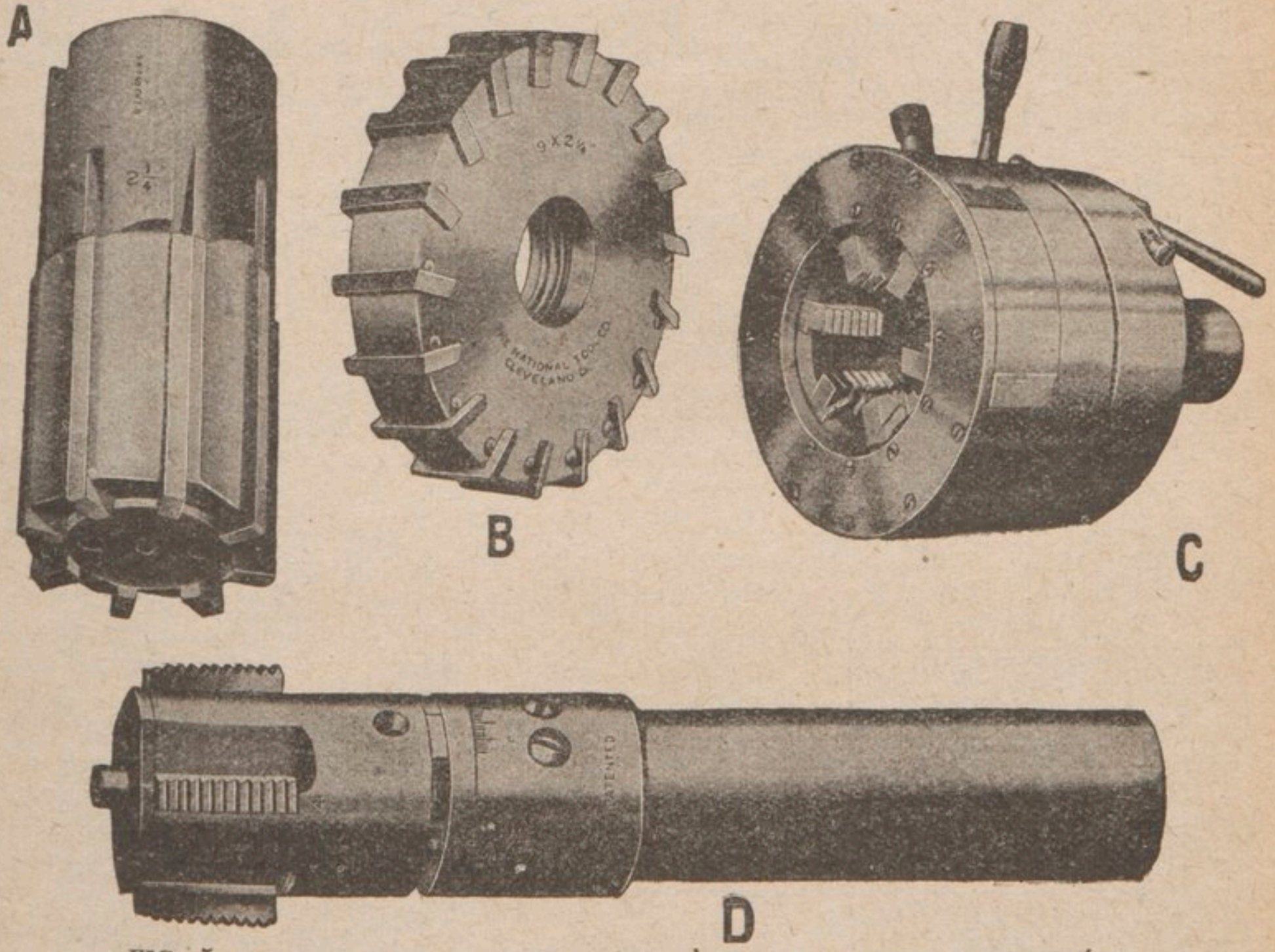


FIG. 5. — QUELQUES AUTRES TYPES D'OUTILS A LAMES RAPPORTÉES

A, *alésoir à dents rapportées;* B *fraiseuse à dents rapportées;* C, *filière à peignes rapportés;* D, *tarauds à peignes rapportés. — Ces dents et ces peignes peuvent être très aisément remplacés.*

l'établissement des tarauds et des filières : on monte quatre ou six peignes à profil constant sur un corps de taraud ou une cage de filière. Il faut avoir soin de régler la position des filets, de façon que chaque peigne soit décalé d'un quart ou d'un sixième de pas par rapport aux peignes suivants. Ce problème, très important, a été résolu par un taillage approprié des peignes (fig. 5-C, D).

Meules. — En dehors des outils métalliques, les ateliers de constructions mécaniques emploient couramment des meules pour l'usinage des pièces. Les meules sont des disques, constitués par des grains minéraux agglomérés au moyen de ciment ou de caoutchouc ; les matières minérales employées

doivent être très dures, afin de pouvoir désagréger les métaux même les plus tenaces. On utilise des substances abrasives variées : émeri, corindon, alundon, carborandum, etc., dont la dureté est sensiblement plus grande que celle de l'acier trempé (fig. 6).

Les meules ont tout d'abord été utilisées presque exclusivement à cause de cette propriété remarquable, soit pour terminer l'usinage de certaines pièces après trempe — c'est l'opération appelée *rectification* — soit pour *affûter* les outils en acier trempé.

Mais les usines américaines ont étendu progressivement l'usage des meules en matière d'usinage. Grâce à l'emploi d'une gamme variée de grains de grosseurs différentes, elles opèrent l'usinage complet d'un acier quelconque, si résistant qu'il soit, à l'aide de *machines à meuler* en partant des pièces brutes de fonderie ou de forge.

Ce procédé quelque peu simpliste s'est révélé économique dans la *fabrication en série*, pour des pièces de formes simples ou n'exigeant pas une grande précision d'exécution.

Telles sont les particularités les plus importantes des outils employés dans la fabrication en série. Nous allons passer en revue les transformations ou modifications apportées aux machines-outils de type courant, en vue de l'usinage très rapide de nombreuses pièces identiques.

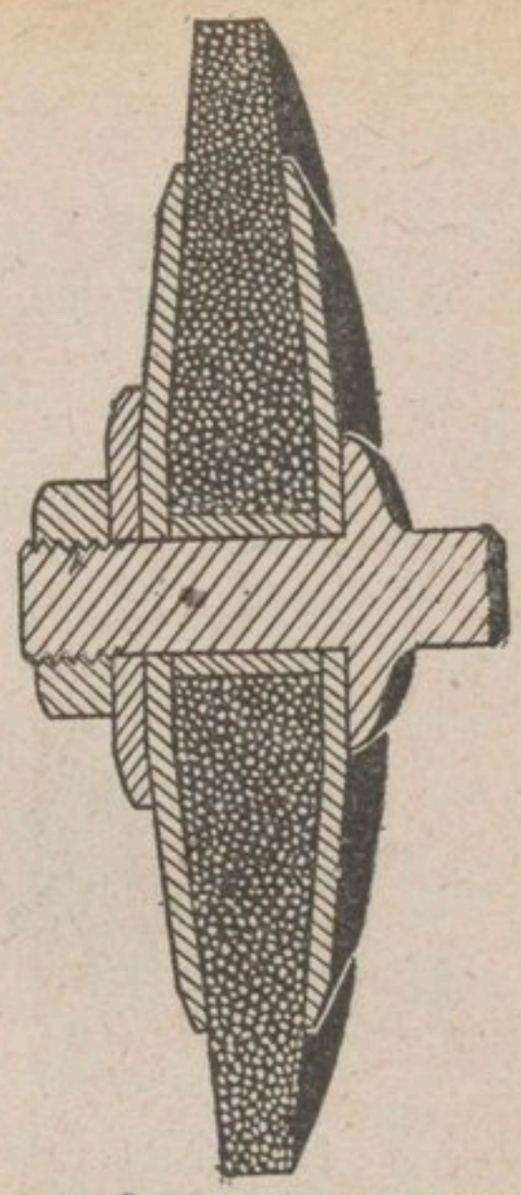


FIG. 6. — MEULE POUR L'USINAGE DES PIÈCES MÉCANIQUES

Ces meules sont des disques constitués par des grains minéraux, tels que l'émeri, le carborandum, l'alundon, agglomérés par du ciment ou du caoutchouc.

Machines-outils.

Tours. — Les tours sont les machines-outils dont l'usage est le plus répandu dans les ateliers de construction mécanique. Les tours ordinaires comportent deux poupées : l'une, dite *fixe*, qui communique à la pièce un mouvement de rotation, de vitesse variable, l'autre, dite *mobile*, qui sert à centrer et à tenir solidement la pièce, dans le montage dit *entre-pointes*.

L'outil est maintenu par un *chariot* qui peut se déplacer, à volonté, soit transversalement *(tronçonnage)*, soit longitudinalement *(chariotage)*.

Cette disposition classique oblige à changer l'outil après chaque opération d'usinage, ce qui entraîne des pertes de temps importantes. Dans la *fabrication en série*, les pièces à usiner étant absolument identiques, chacune d'elles devra subir les mêmes opérations d'usinage.

On peut, dès lors, monter tous les outils nécessaires à l'usinage sur une *tourelle*, mobile autour de son axe, et remplaçant la poupée mobile. Les pièces seront entraînées

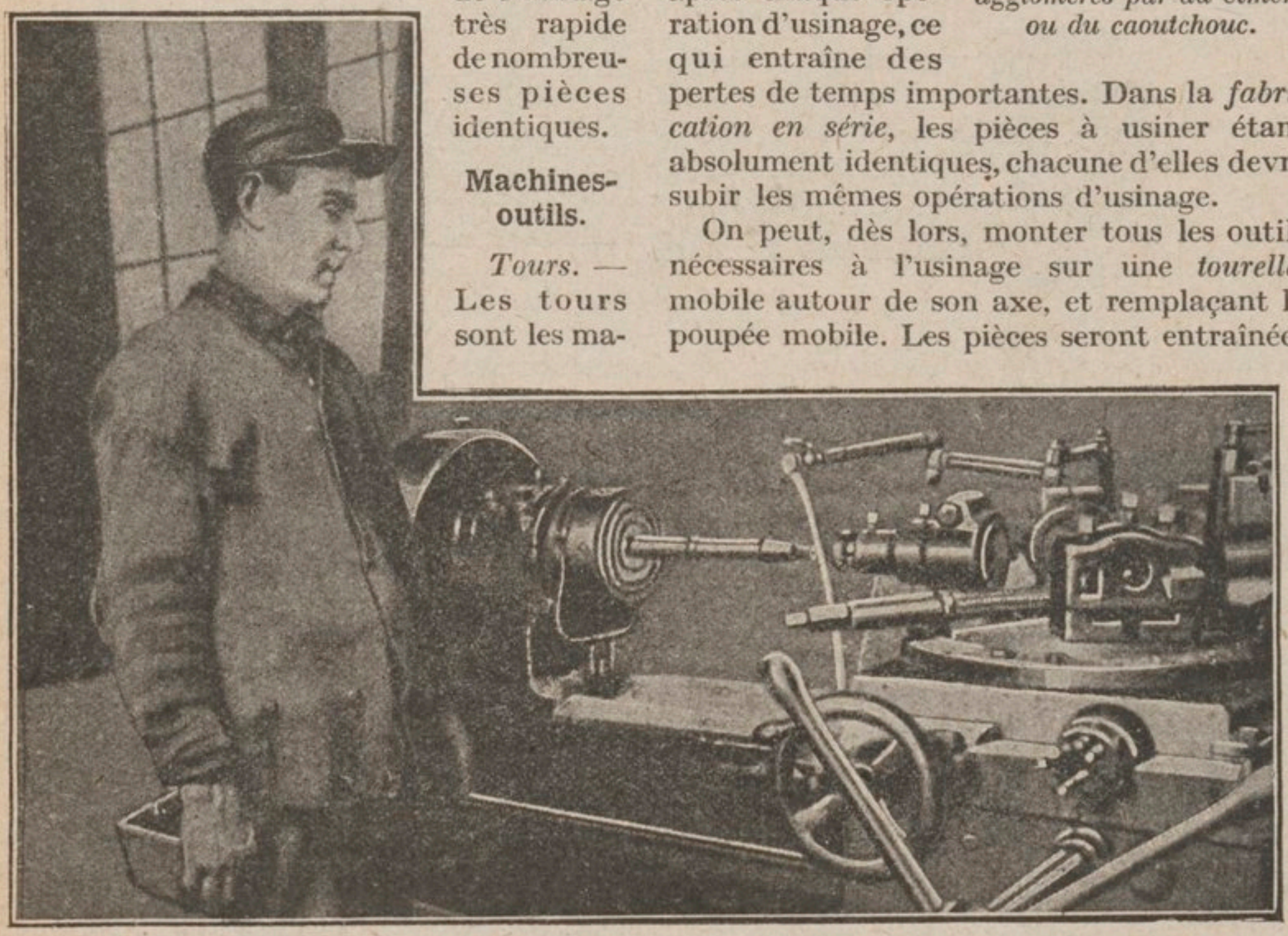


FIG. 7. — SÉRIE D'OUTILS MONTÉS SUR UNE TOURELLE ROTATIVE

Grâce à leur disposition, ces outils peuvent travailler successivement et rapidement chaque pièce.

par la poupée mobile au moyen d'un mandrin dit universel *(montage en l'air)*.

Chaque outil effectuera une opération d'usinage, puis sera remplacé par l'outil suivant, grâce à la rotation de la tourelle. Les tours ainsi établis portent le nom caractéristique de *tours revolvers* (fig. 7).

Nous avons vu que les outils à lames rapportées pouvaient exécuter plusieurs opérations d'usinage en une seule passe. On peut donc, avec une tourelle hexagonale, par exemple, effectuer un grand nombre d'opérations d'usinage absolument différentes : tournage, alésage, filetage, dressage, etc.

Toutefois, le tronçonnage ne pourra se faire qu'avec un outil monté sur un chariot se déplaçant transversalement.

Cette méthode de travail est si avantageuse, et en même temps si économique, qu'on a créé des porte-outils rotatifs pouvant se monter sur la poupée mobile d'un tour ordinaire, qui se trouve ainsi transformé en tour-revolver (fig. 8).

On peut réduire les temps d'usinage d'une façon encore plus importante, en rendant automatiques les divers mouvements du tour. A cet effet, on dispose un mécanisme à cliquet, qui assurera la rotation de la tourelle, lorsque l'ouvrier manœuvrera le levier d'avance et de recul de cet organe. Des butées de fin de course actionnent automatiquement le débrayage de la poupée fixe, après chaque passe des outils.

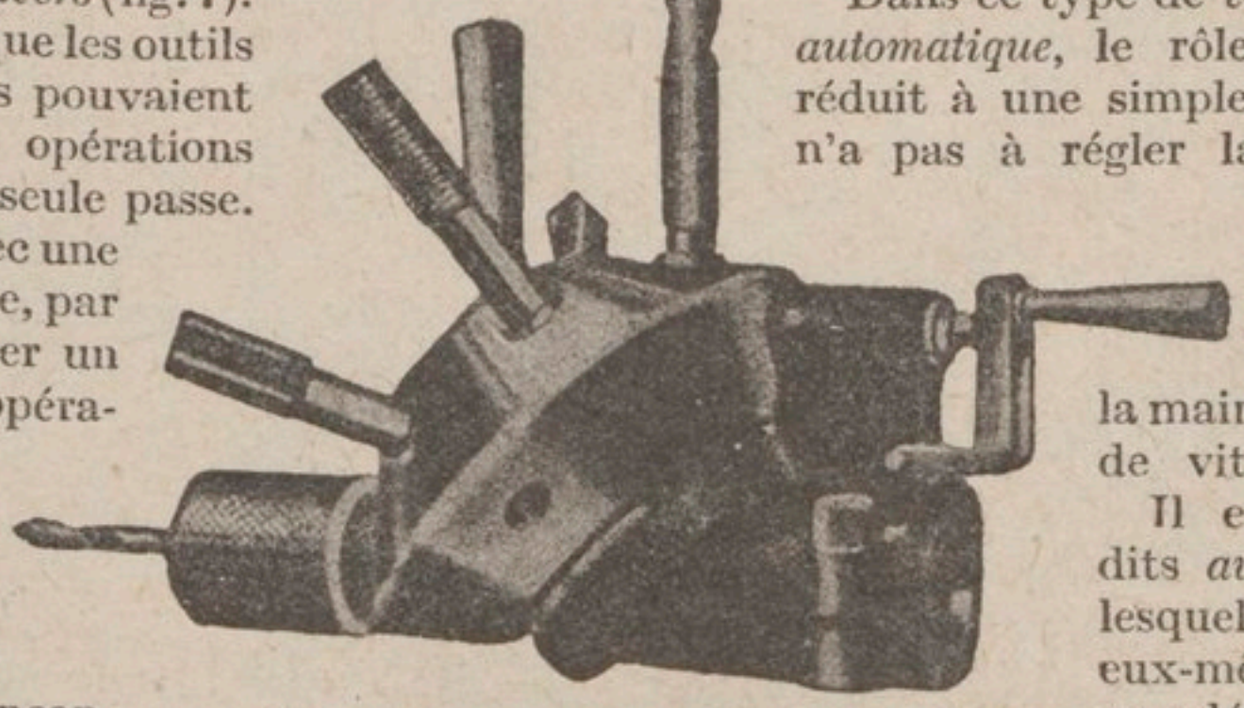


FIG. 8. — PORTE-OUTILS POUVANT ÊTRE MONTÉ SUR LA POUPÉE D'UN TOUR ORDINAIRE

Ce tour simple se trouve ainsi transformé en tour-revolver.

Dans ce type de tour, appelé *semi-automatique*, le rôle de l'ouvrier est réduit à une simple surveillance, il n'a pas à régler la position ni la course des outils, mais il doit manœuvrer la tourelle et opérer à la main les changements de vitesse nécessaires.

Il existe des tours, dits *automatiques*, dans lesquels ces mouvements eux-mêmes sont commandés mécaniquement. Dans ce but, on a disposé un certain nombre de cylindres, visibles sur la figure 9, qui actionnent, au moyen de cames, les divers mécanismes du tour. Ces cames doivent être tracées pour chaque type de pièce à usiner, puis montées sur les cylindres, à l'aide de boulons.

Un ouvrier peut, dès lors, conduire plusieurs tours : son unique fonction est d'alimenter les machines-outils en pièces brutes ou ébauchées. Mais cette opération nécessitant l'arrêt de la machine, on a éta-

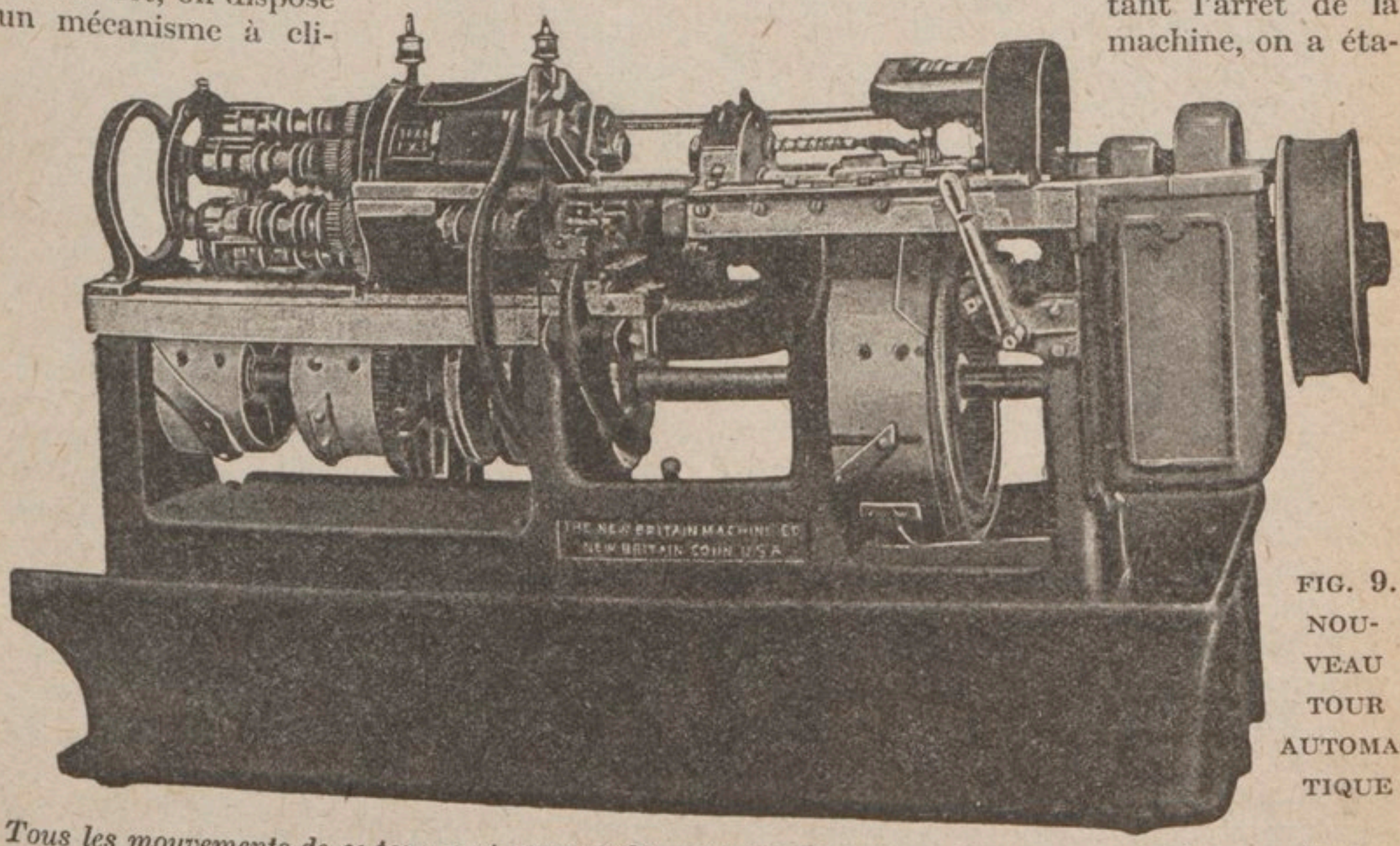


FIG. 9. NOUVEAU TOUR AUTOMATIQUE

Tous les mouvements de ce tour sont commandés mécaniquement par des cames, montées sur des tambours à axe horizontal qui actionnent : l'avance et le recul des outils, le changement de vitesse, etc.

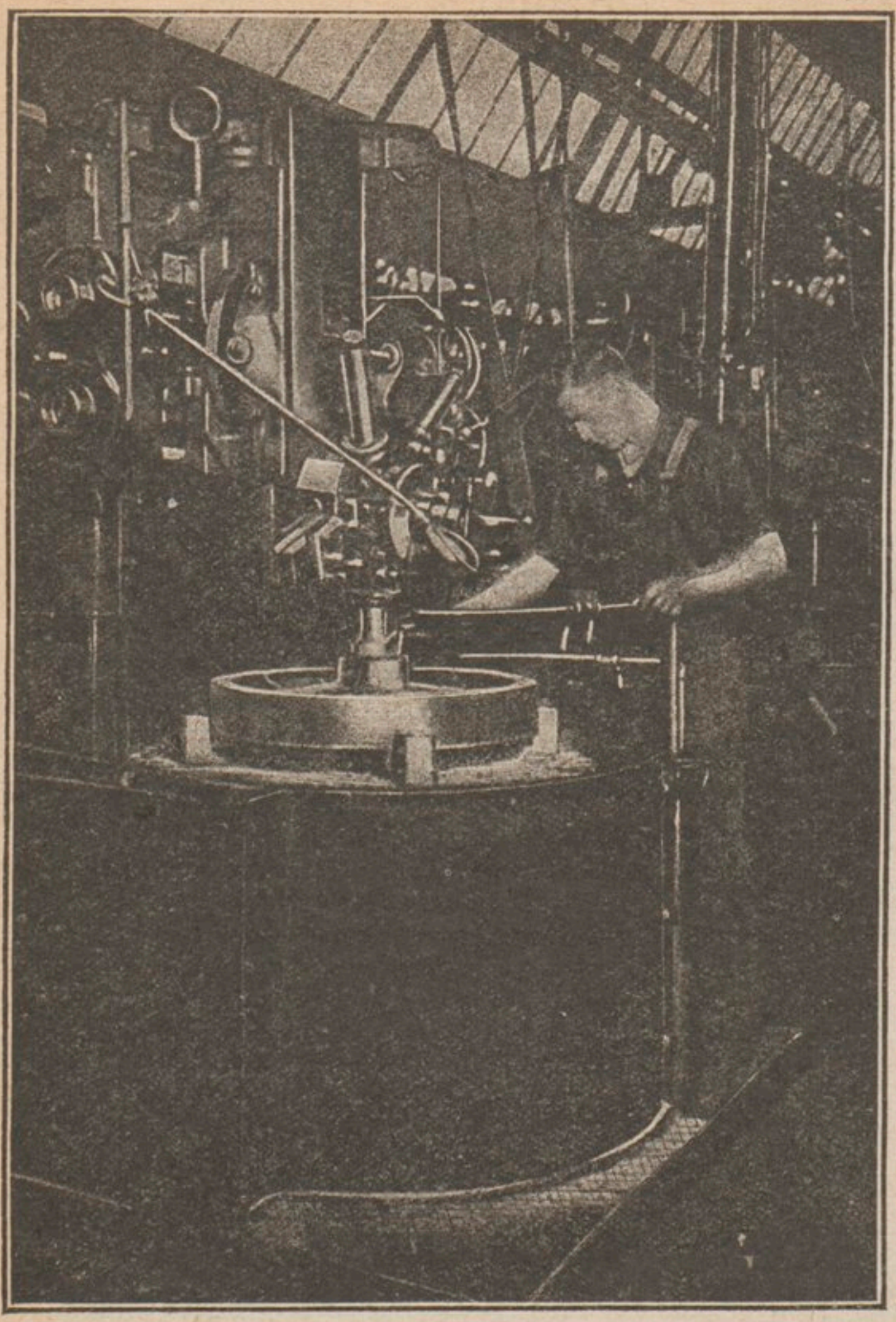


FIG. 10. — TYPE DE TOUR VERTICAL A TOURELLE

Tout comme les tours horizontaux, les tours verticaux sont susceptibles de recevoir une tourelle porte-outils.

bli des tours pouvant recevoir quatre ou six pièces à la fois, de façon à éviter cette perte de temps particulièrement préjudiciable.

Les outils agissent simultanément sur toutes les pièces montées sur le tour, *sauf une*; chaque pièce se trouve, par conséquent, à une phase d'usinage différente.

Pour préciser, étudions la succession des opérations : l'ouvrier monte une pièce brute sur le mandrin qui ne correspond à aucun outil; la tourelle tourne autour d'un axe horizontal et l'outil correspondant à la première opération d'usinage vient travailler la pièce brute, mais, en même temps, les autres outils agissent sur les pièces voisines, chaque pièce étant décalée d'une opération par rapport à sa voisine. Il en résulte que quand l'usinage d'une de ces pièces est terminée, elle peut être enlevée et remplacée aussitôt par une autre pièce brute.

Le travail de la machine-outil est, par suite, rendu absolument continu.

Les machines à décolleter automatiques sont construites sur le même principe que ces derniers tours, mais, ici, les pièces brutes sont remplacées par des barres généralement profilées à section ronde, hexagonale ou octogonale.

Chaque barre est travaillée successivement par les outils de la tourelle et donne naissance à des pièces décolletées, qui sont ensuite tronçonnées par un chariot transversal. Ce chariot devant toujours effectuer cette opération au même endroit, ce sont les barres qui tournent autour d'un barillet, alors que la tourelle porte-outils n'exécute que les mouvements d'avance et de recul nécessaires à l'usinage.

Le principe de la tourelle est applicable aux divers types de tours; la figure ci-contre représente un *tour vertical à tourelle*.

Machines à percer. — Les perceuses du type ordinaire ne percent qu'un seul trou à chaque passe d'outil. On déplace la pièce de façon à présenter successivement chaque trou à l'action de la mèche ou du foret. Dans la *fabrication en série*, la position des trous étant la même pour toutes les pièces de même type, on peut utiliser les *machines à percer multiples*, qui percent jusqu'à quatre-vingts trous en une seule opération (figure 11). Ces machines comprennent un nombre plus ou moins grand de mèches, actionnées par des arbres, tournant à la même vitesse. Le réglage de leurs positions respectives est rendu possible par l'emploi de joints de cardans simplifiés, constitués généralement par deux rotules à billes.

Mais ce réglage est très minutieux, il est surtout assez long et les machines à percer multiples n'ont leur plein rendement que pour des séries de pièces importantes.

Pour certaines pièces, le nombre de mèches peut être très supérieur au nombre de trous à usiner ; on pourra, dans ce cas, percer deux ou trois pièces à la fois. Au contraire, pour certains carters, qui comportent des brides dans plusieurs plans différents, il est possible de construire des machines spéciales comprenant trois groupes bien distincts de mèches parallèles, chaque groupe agissant sur une bride différente.

Les ateliers Ford — qu'on ne saurait se lasser de citer — utilisent, pour l'usinage des carters de moteurs, des machines à percer qui percent les trous de quatre brides, perpendiculaires deux à deux, en une seule opération.

Machines à raboter. — Les machines à raboter employées dans la *fabrication en série* sont du type courant, mais de préférence à table de grandes dimensions. Les pièces à usiner sont placées sur plusieurs files parallèles ; on monte sur la traverse porte-outils un ou plusieurs outils identiques, en face de chaque file. De cette façon, on exécute chaque opération d'usinage sur un très grand nombre de pièces à la fois (fig. 14).

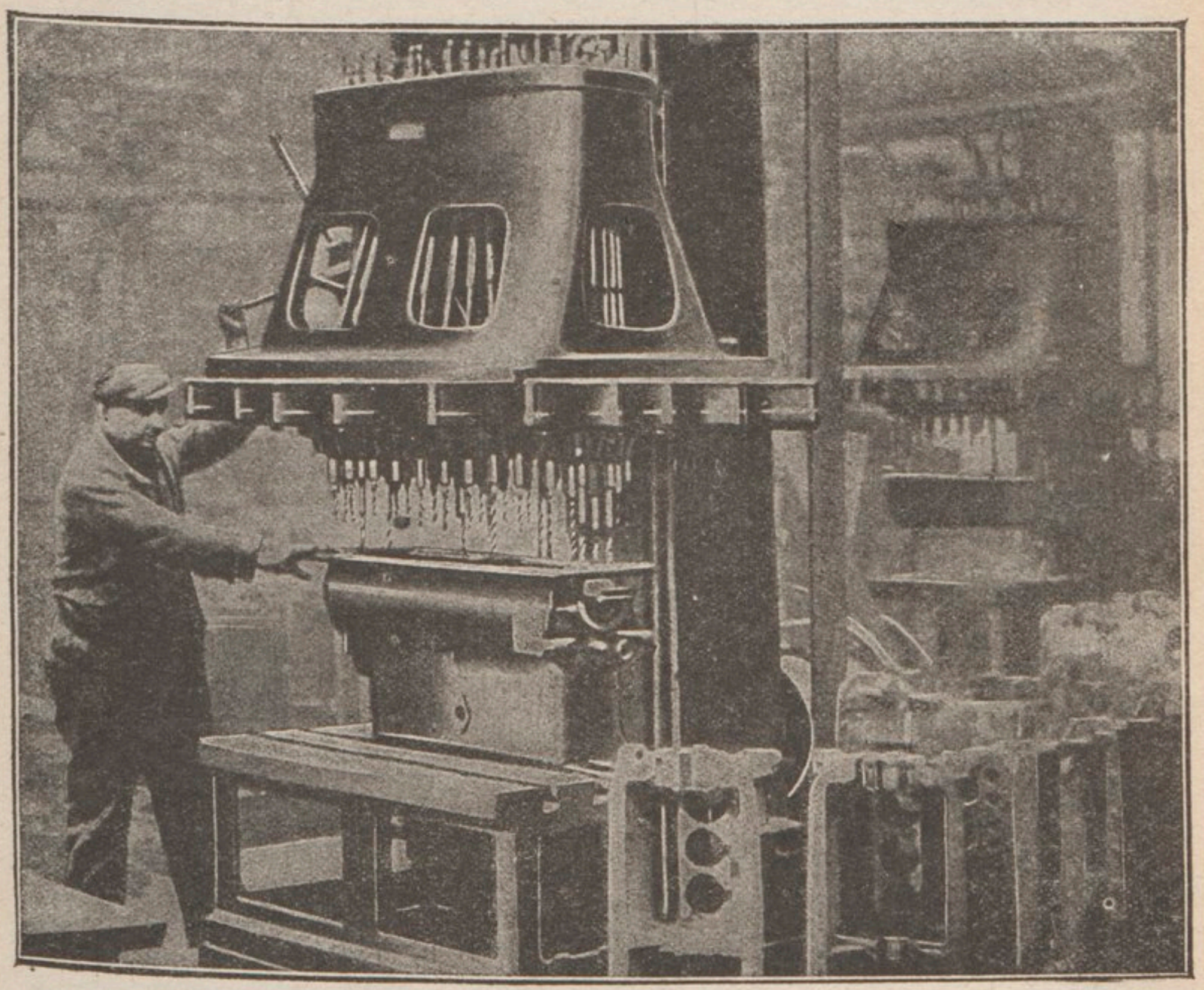


FIG. 11. — MACHINE EFFECTUANT DES PERCEMENTS MULTIPLES

Ces machines-outils percent en une seule opération tous les trous prévus, sur une bride, par exemple. Chaque mèche est commandée par un arbre ; des joints de cardan très simples permettent le réglage en position de toutes les mèches, mais cette opération est assez longue.

Machines à fraiser. — Les machines à fraiser sont, de toutes les machines-outils, celles dont les multiples transformations s'adaptent le mieux à la *fabrication en série.*

En montant plusieurs fraises sur l'arbre de la machine, on peut usiner plusieurs faces d'une même pièce en une seule passe (fig. 12).

Or, les *fraises à profil constant*, grâce au profil compliqué qu'on peut leur donner, sont susceptibles de travailler à la fois une gorge, un congé, une queue d'aronde, etc.

Enfin, les *fraises à lames rapportées* permettent le dressage rapide de larges surfaces.

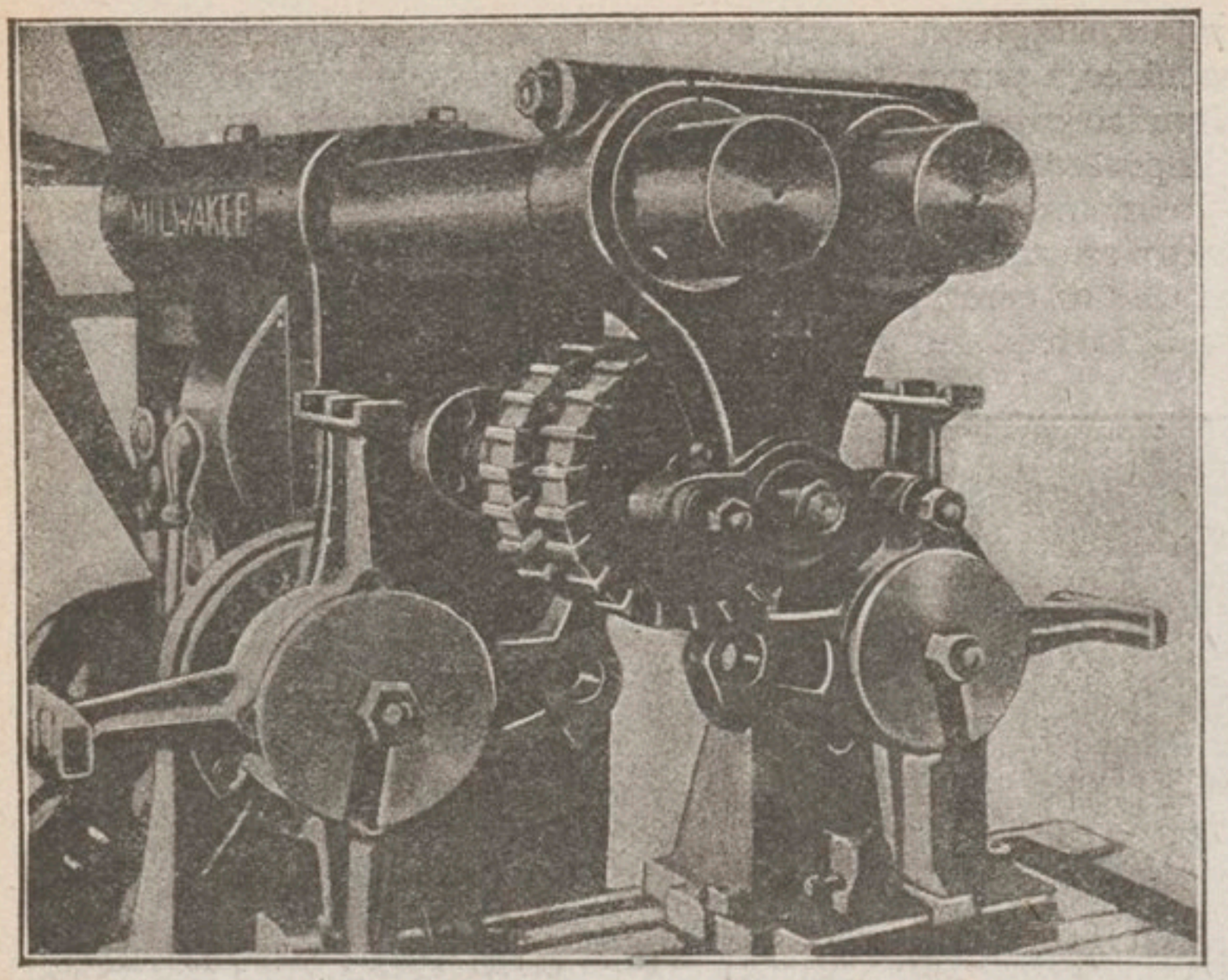


FIG. 12. — MACHINE A FRAISER PERFECTIONNÉE

Dressage de deux faces en une même opération au moyen de deux fraises à dents rapportées montées sur l'arbre de la fraiseuse.

Par ailleurs, le procédé, décrit plus haut à propos des raboteuses, est applicable aux machines à fraiser. Les usines américaines emploient couramment des fraiseuses dont les dispositions générales rappellent les machines à raboter et qui comportent quatre porte-fraises, usinant à la fois, et avec une remarquable rapidité un grand nombre de pièces.

Une autre disposition consiste à fixer les pièces à usiner à la périphérie d'un plateau circulaire de grand diamètre (fig. 13). Chaque pièce passe successivement sous la fraiseuse, puis est remplacée par la pièce suivante. On retire les pièces déjà usinées, et on monte des pièces brutes, sans arrêter la machine qui fonctionne, dès lors, de façon continue.

Machines à meuler. — Nous ne voulons pas parler ici des machines à rectifier, destinées à effectuer un travail de grande précision, sur des pièces en acier trempé ne pouvant être attaquées qu'à la

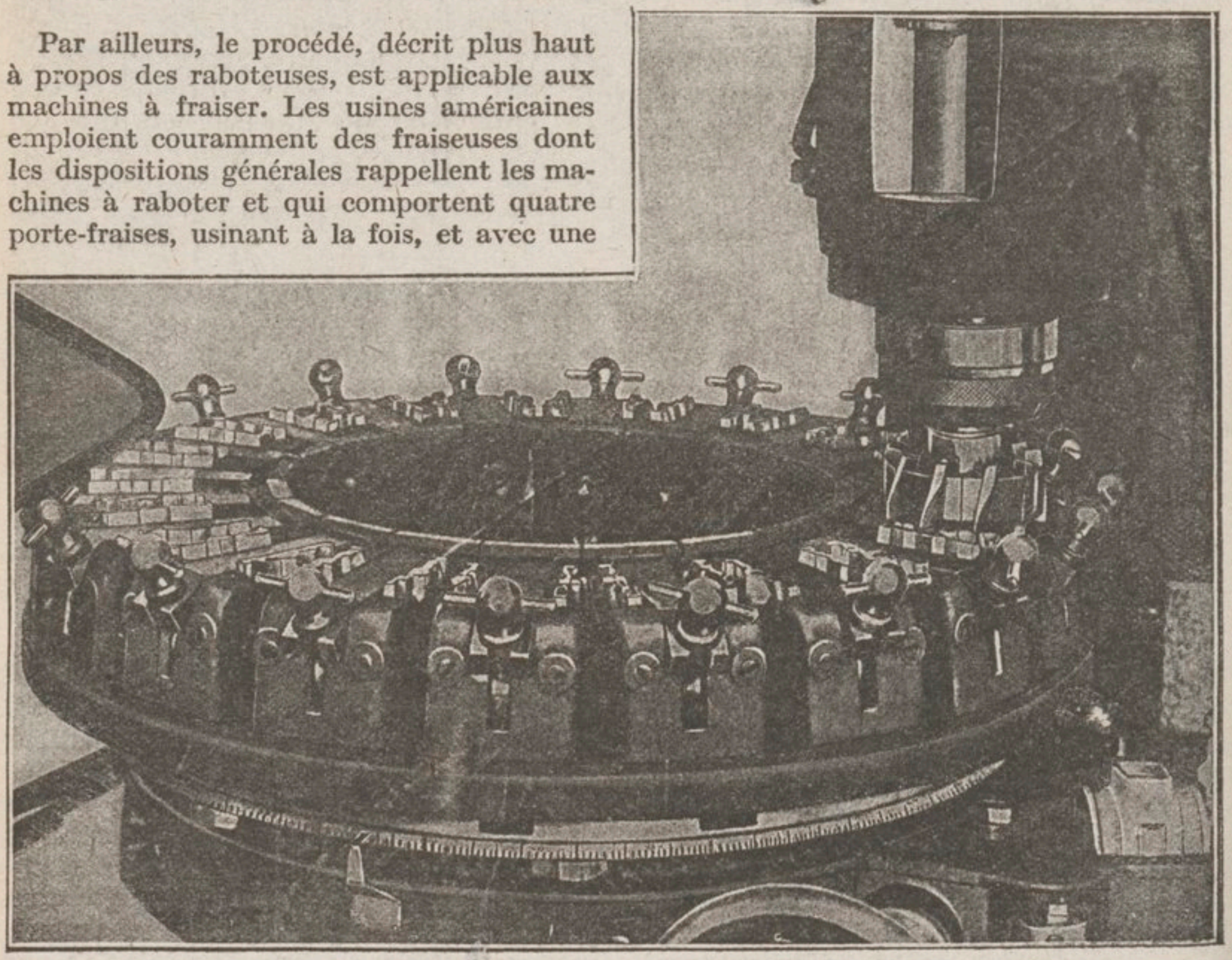


FIG. 13. — MACHINE A FRAISER PERMETTANT L'USINAGE CONTINU

Les pièces sont montées sur un plateau circulaire de grand diamètre pouvant tourner autour d'un axe vertical. Chaque pièce subit à son tour l'action de la fraise, puis elle est remplacée par une pièce brute.

meule. Les usines américaines ont créé et répandu l'usage de machines à meuler, susceptibles d'opérer la plupart des opérations d'usinage, en utilisant des meules de divers modèles au lieu d'outils métalliques.

Les machines à meuler sont à axe vertical ou horizontal : celles qui sont le plus employées dans la *fabrication en série*, présentent les mêmes dispositions d'ensemble que les machines à fraiser décrites précédemment.

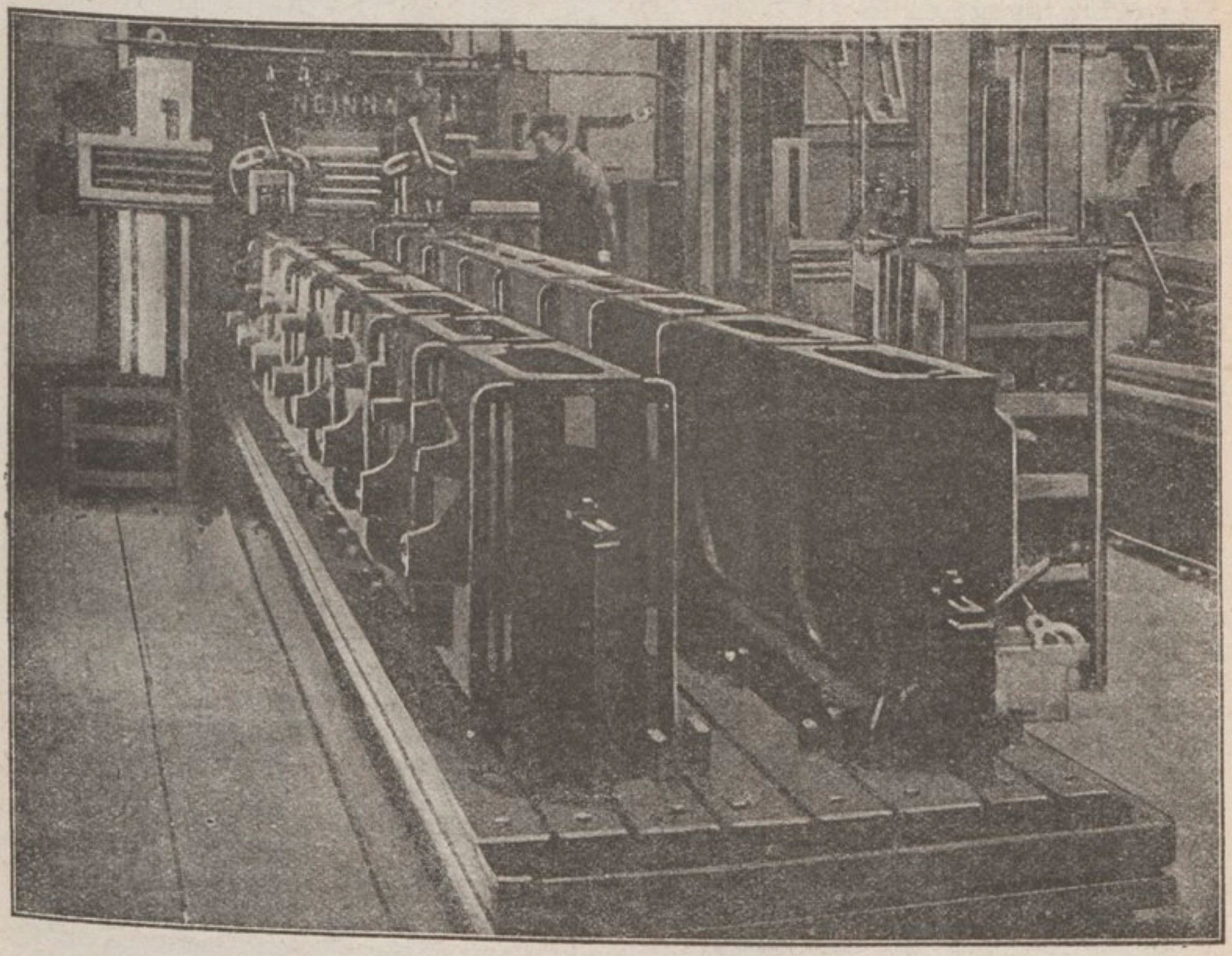


FIG. 14. — RABOTEUSE UTILISÉE DANS LA FABRICATION EN SÉRIE

On dispose sur la table de la raboteuse plusieurs files de pièces qui sont usinées ensemble par plusieurs chariots porte-outils montés sur la traverse de la machine.

Les pièces sont placées soit sur une table animée d'un mouvement alternatif, soit sur un plateau tournant autour d'un axe vertical. Mais les passes d'usinage étant moins fortes avec une meule qu'avec une fraise, on se sert fréquemment, pour le montage des pièces, d'un dispositif à *adhérence magnétique*.

Il suffit de disposer sous le plateau ou la table porte-pièces des bobines parcourues par un courant électrique et installées de telle sorte que la face supérieure constitue un pôle d'électro-aimant. Il est toutefois nécessaire d'empêcher le glissement des pièces; on y arrive aisément au moyen de quelques butées appropriées que l'on fixe à l'aide de boulons (voir la figure 16 à la page suivante).

Machines à affûter. — Les outils métalliques travaillent d'une façon intense dans la *fabrication en série* et doivent être affûtés fréquemment. L'emploi des outils à profil constant et à lames rapportées facilite considérablement cette opération, surtout pour les outils de forme compliquée. L'affûtage est réduit au meulage des faces planes dans la plupart des cas (exception faite des mèches, pour lesquelles il existe des machines spéciales d'un fonctionnement parfait).

Le seul point délicat de cette opération, qui doit être souvent renouvelée, consiste à donner au taillant des angles de coupe correspondant au rendement maximum.

Il a été établi, à cet effet, des machines à affûter qui permettent à un manœuvre d'exécuter correctement ce travail. Ce sont des machines à meuler, à axe horizontal, comportant un support spécial sur lequel on fixe l'outil à affûter (fig. 15). Ce support est orientable dans trois plans perpendiculaires ;

des graduations permettent de définir la position de l'outil d'une façon particulièrement rigoureuse. Le support étant réglé pour un type d'outil, l'ouvrier n'a plus qu'à meuler les faces travaillantes de l'outil jusqu'à obtention de plans parfaits.

Machines à mandriner. — Nous dirons un mot, en terminant, d'un type de machine encore assez peu répandu en France, mais qui est cependant susceptible de rendre de très grands services, surtout dans la *fabrication en série* : nous voulons parler de la *machine à mandriner*, genre Lapointe.

Les fraises, ainsi que nous l'avons exposé au début de cet article, peuvent être considérées comme une succession d'outils montés autour d'un disque. D'ailleurs, les fraises à lames rapportées sont construites exactement de cette façon.

Au lieu de monter ces outils sur un disque, montons-les suivant une ligne droite, nous obtenons un mandrin genre Lapointe. Ce mandrin devra toujours être actionné par des moyens mécaniques suivant une direction rectiligne.

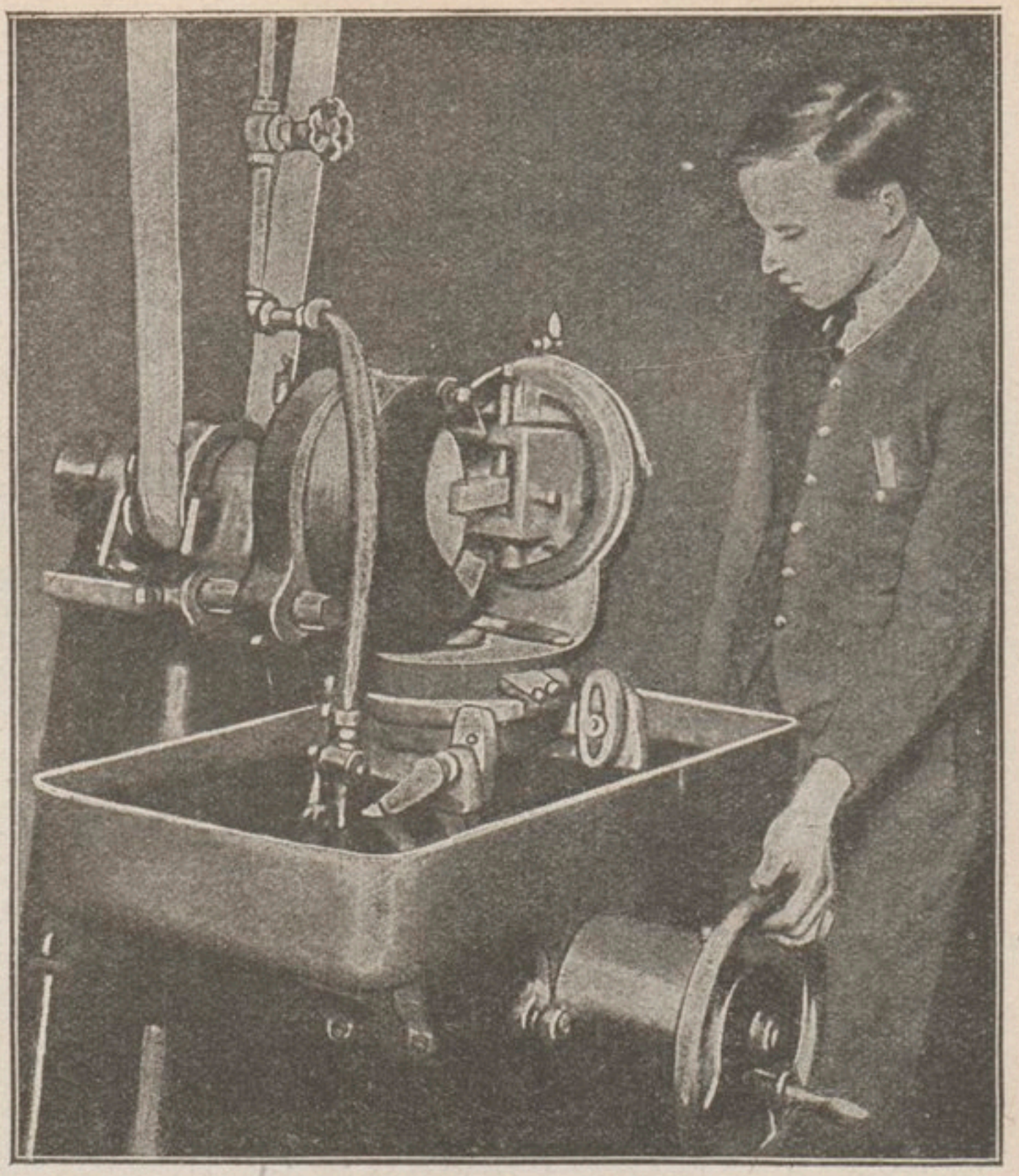


FIG. 15. — MACHINE A AFFUTER

L'outil à affûter est placé sur un support orientable. Des graduations assurent un réglage précis; après quoi un simple manœuvre peut affûter tous les outils qui ne comportent qu'un meulage plan.

Chaque « dent » présentera les angles de coupe voulus, pour désagréger le métal de la pièce, et sera légèrement plus faible que la dent suivante, pour que l'usinage soit régulier et progressif (figure 17).

La machine à mandriner est constituée simplement par un bâti horizontal dans lequel on fixe la pièce et par un mécanisme assez puissant, qui exerce une traction sur le mandrin pour le forcer à passer dans la pièce et y faire son travail (figure 18).

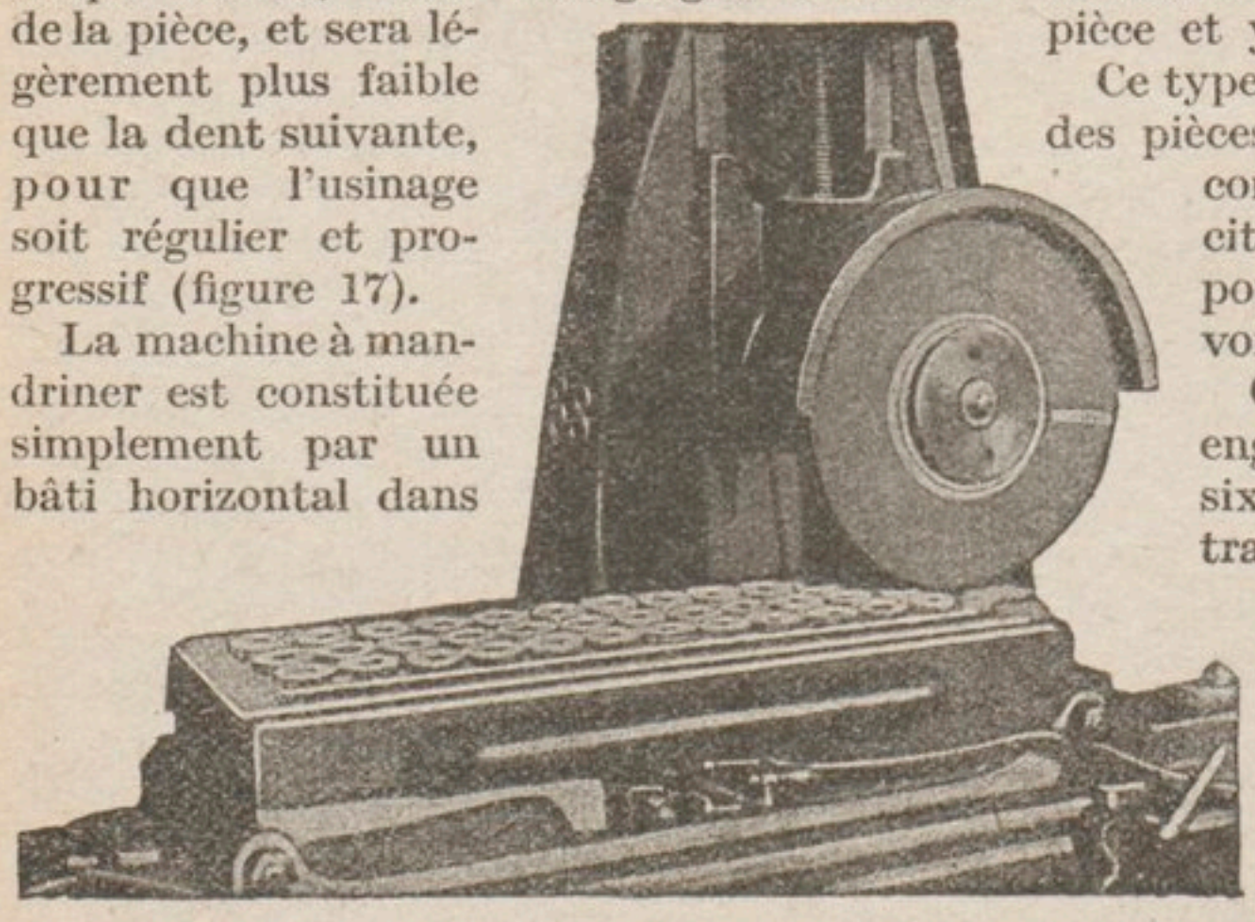


FIG. 16. — MACHINE A MEULER MUNIE D'UN PLATEAU A ADHÉRENCE MAGNÉTIQUE

Ce type de machine-outil permet l'usinage des pièces creuses, suivant des profils très compliqués. A titre d'exemple, nous citerons les trains baladeurs utilisés pour les changements de vitesses des voitures et camions automobiles.

Ce sont, comme chacun sait, des engrenages coulissant sur un arbre à six cannelures. Le trou central de ces trains baladeurs doit donc présenter six rainures, qu'on ne pourrait exécuter qu'en six opérations de longue durée sur une machine à mortaiser d'un type ordinaire.

Un mandrin, établi suivant le tracé de la figure 17, permettra d'effectuer cet usinage en une seule passe, d'où un gain de temps et d'argent considérable.

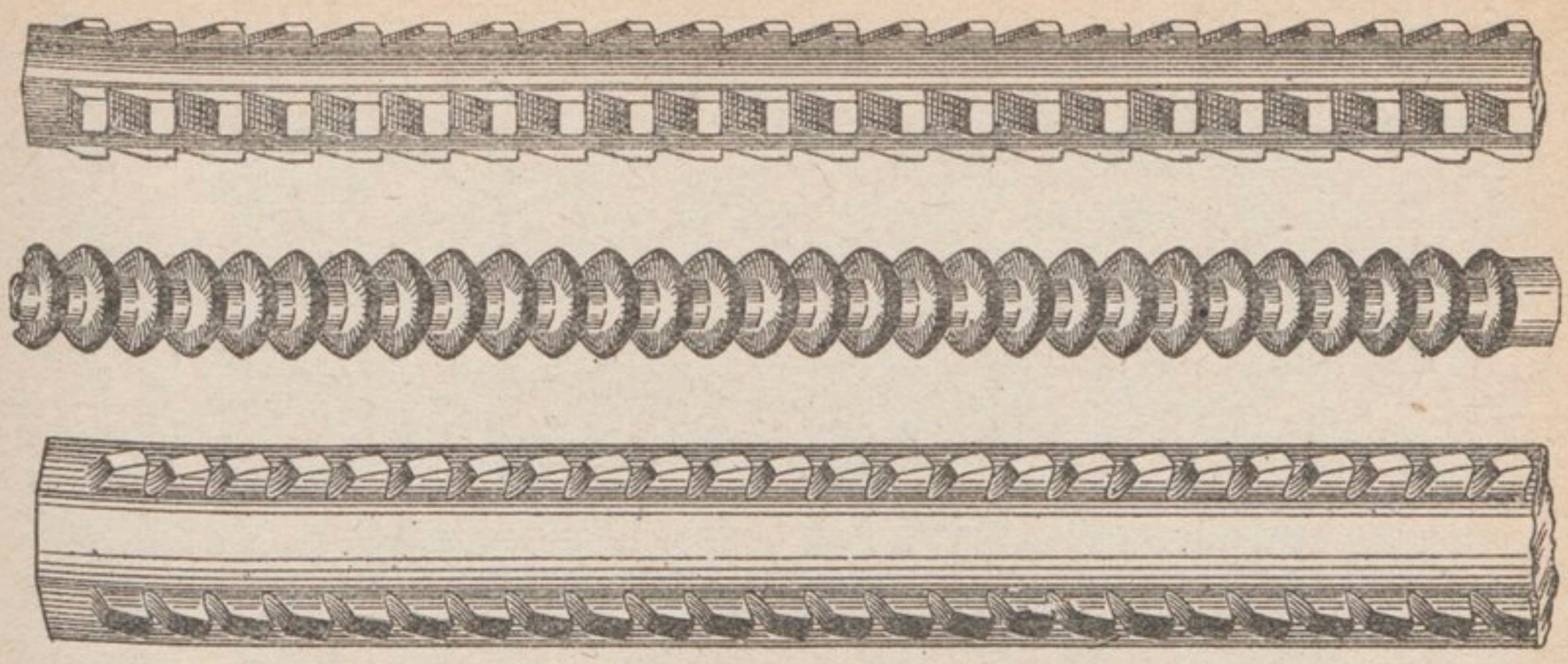


FIG. 17. — MANDRINS « LAPOINTE » EN ACIER SPÉCIAL CONSTITUÉS PAR UNE SÉRIE DE DISQUES A DENTS A SECTION LÉGÈREMENT CROISSANTE, FOURNISSANT UN TRAVAIL RAPIDE

Ces dents présentent les angles de coupe nécessaires à l'usinage, et leur profil correspond exactement à celui de la pièce à obtenir. Cet outillage est promptement amorti et permet une grande précision.

Nous avons résumé les modifications qu'a subies l'outillage classique en vue de la *fabrication en série*, mais lorsque la production d'une usine atteint un chiffre important, les constructeurs américains n'hésitent pas à étudier et à faire construire des machines-outils spéciales pour l'usinage de certaines pièces, — et c'est encore une économie.

L'usine Ford — comme il a déjà été dit dans *La Science et la Vie*, — peut être citée comme exemple à ce point de vue ; une fraction importante de son outillage a été créée uniquement pour l'exécution des pièces d'automobiles de sa fabrication. C'est ce qui lui permet de livrer des voitures au prix de 2.700 francs, à raison de 900.000 châssis par an ; soit 3.000 par jour ouvrable. Il sort donc une voiture toutes les dix secondes des puissantes usines de Détroit.

L'emploi de ces méthodes de travail permet de réaliser les trois conditions nécessaires d'une bonne fabrication ; la précision, la rapidité et l'économie dans le prix de revient. On ne saurait trop attirer l'attention de nos industriels français sur l'importance qu'a pour l'avenir de leurs maisons cette question de l'outillage. Pour faire rapidement fortune actuellement dans la *mécanique* il n'y a rien de tel que de s'adonner à la fabrication d'une *spécialité* en vue de laquelle on crée une série de machines adaptées uniquement à la production de certaines pièces en série. Le jeune ingénieur qui s'installera d'après ces principes n'attendra jamais la commande et sera uniquement occupé à développer son outillage pour répondre aux demandes, chaque jour de plus en plus nombreuses de ses clients. On doit s'attendre à voir disparaître les ateliers dits de *mécanique générale*, qui livraient péniblement de petites séries d'objets fabriqués au moyen de machines-outils surannées.

JEAN OERTLÉ.

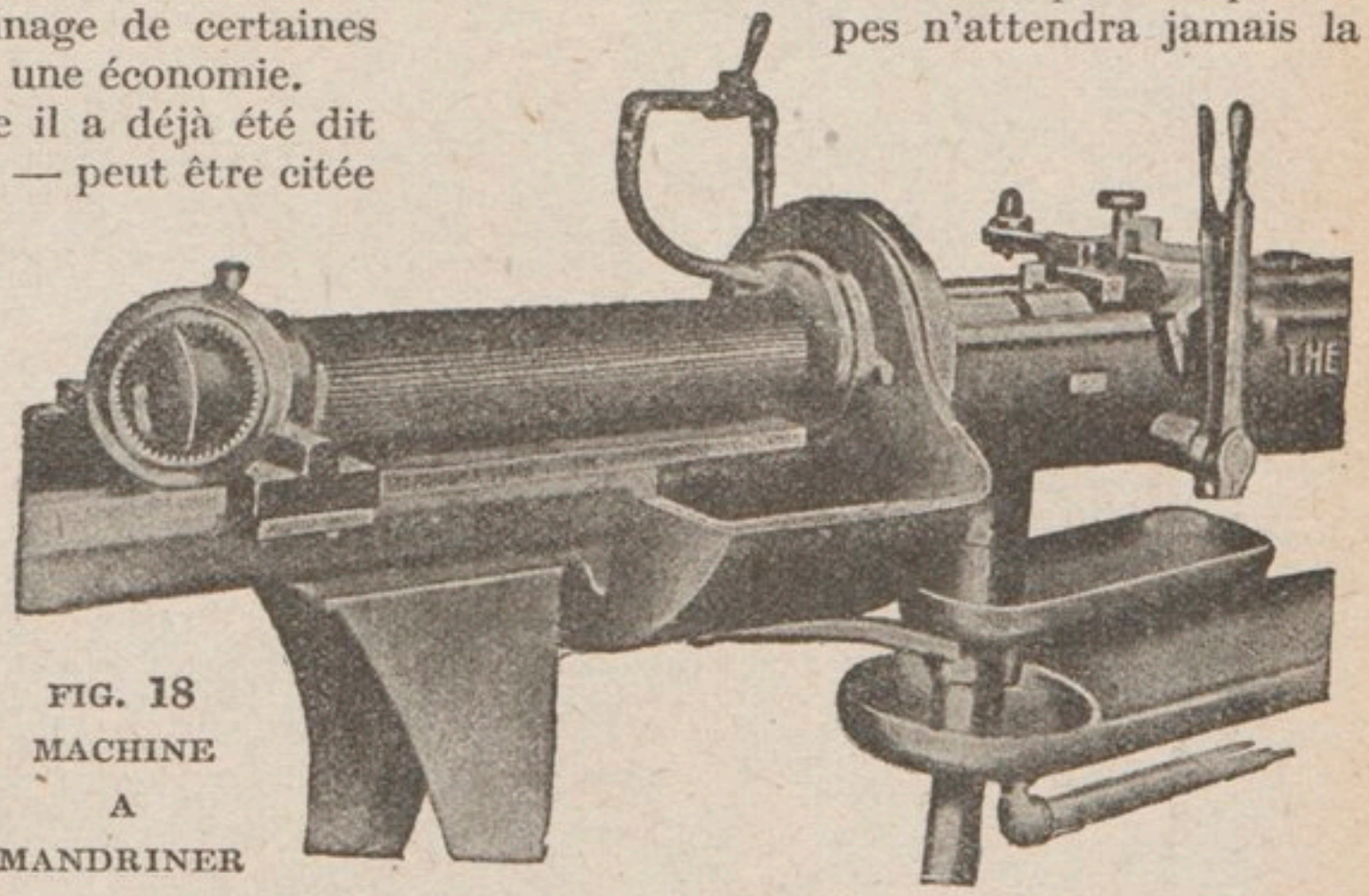
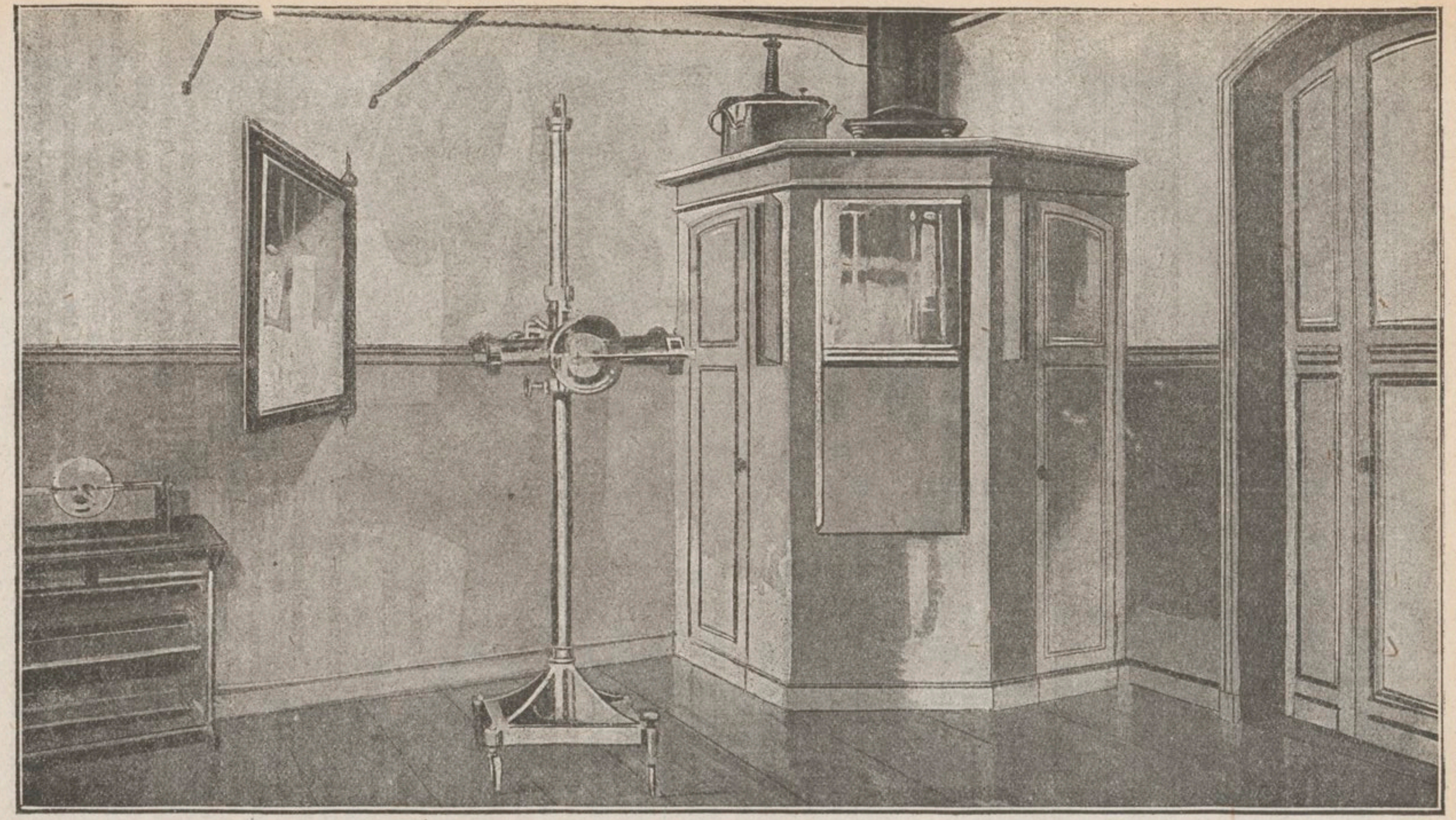


FIG. 18
MACHINE
A
MANDRINER

Ces machines permettent l'usinage des pièces creuses dont le profil intérieur est complexe ; elles rendent, par exemple, de très grands services pour l'exécution de cylindres à cannelures nombreuses. Le mandrin est forcé à travers la pièce et il désagrège le métal à la façon d'une fraise de rayon infini.



VUE D'ENSEMBLE D'UN LABORATOIRE COMPORTANT UNE INSTALLATION SPÉCIALE POUR L'ESSAI DES TUBES A RAYONS X

Le tube à essayer est placé sur un support spécial au milieu de la pièce; dans le fond, à droite, se trouve la cabine où se tient l'opérateur. Les parois de cette cabine sont recouvertes de plomb. A gauche, est disposée la glace dans laquelle on peut suivre, par réflexion, les résultats de l'opération. Quand il s'agit de tenter un essai à régime élevé, on recouvre d'un volet de plomb la vitre à travers laquelle on fait l'observation directe.

LA CURIEUSE INDUSTRIE DES AMPOULES RADIOLOGIQUES

Par Fernand BARBERIN

Pour les ampoules de radiologie, avant la guerre, nous n'étions pas absolument tributaires de l'industrie allemande, mais cela n'en valait guère mieux. Nous ne comptions alors, en effet, que deux fabricants en France ; tous deux furent mobilisés dès le début des hostilités et leurs usines furent fermées ; du coup l'industrie nationale des tubes à rayons X n'existait plus.

Cependant, les besoins du Service de santé, qui avait à installer et à multiplier, sans perte de temps, les stations et les voitures radiologiques, exigeaient une prompte solution du problème. Une seule s'offrait : rappeler les directeurs mobilisés et rouvrir leurs usines. C'est ce qui fut fait. Aussi rapidement que l'on put, on repeupla les ateliers déserts, on ramena à l'établi les ouvriers spécialistes indispensables, on rechercha les matières premières, verre, cristal, cuivre, platine, tungstène ; bref, l'impossible fut fait pour remettre en train cette industrie que, par bonheur nous n'avions pas laissé passer complètement, comme on avait fait malheureusement pour tant d'autres, aux mains de nos ennemis.

Les établissements Pilon, dont nous avons déjà eu l'occasion de citer les recherches et les heureux résultats obtenus dans la radiographie des métaux à l'aide de puissants tubes Coolidge, eurent bientôt à fournir la majeure partie du matériel radiologique, non seulement à notre corps chirurgical mais aussi au Service sanitaire des armées alliées. Le développement sans cesse croissant des fronts de combat. l'augmentation du nombre des hôpitaux de campagne, les offensives chaque fois plus violentes et plus meurtrières, rendaient de plus en plus importante la fabrication des tubes à rayons X de formes et de puissances variées.

Le rôle de ces tubes, leurs dispositifs, leurs applications nous montrent que leur construction est loin d'être chose simple et aisée. La certitude de bons résultats est, pour ainsi dire, inconnue dans cette industrie spéciale qui tient à la fois de l'industrie du verre et de l'industrie électrique, mais reste surtout dans

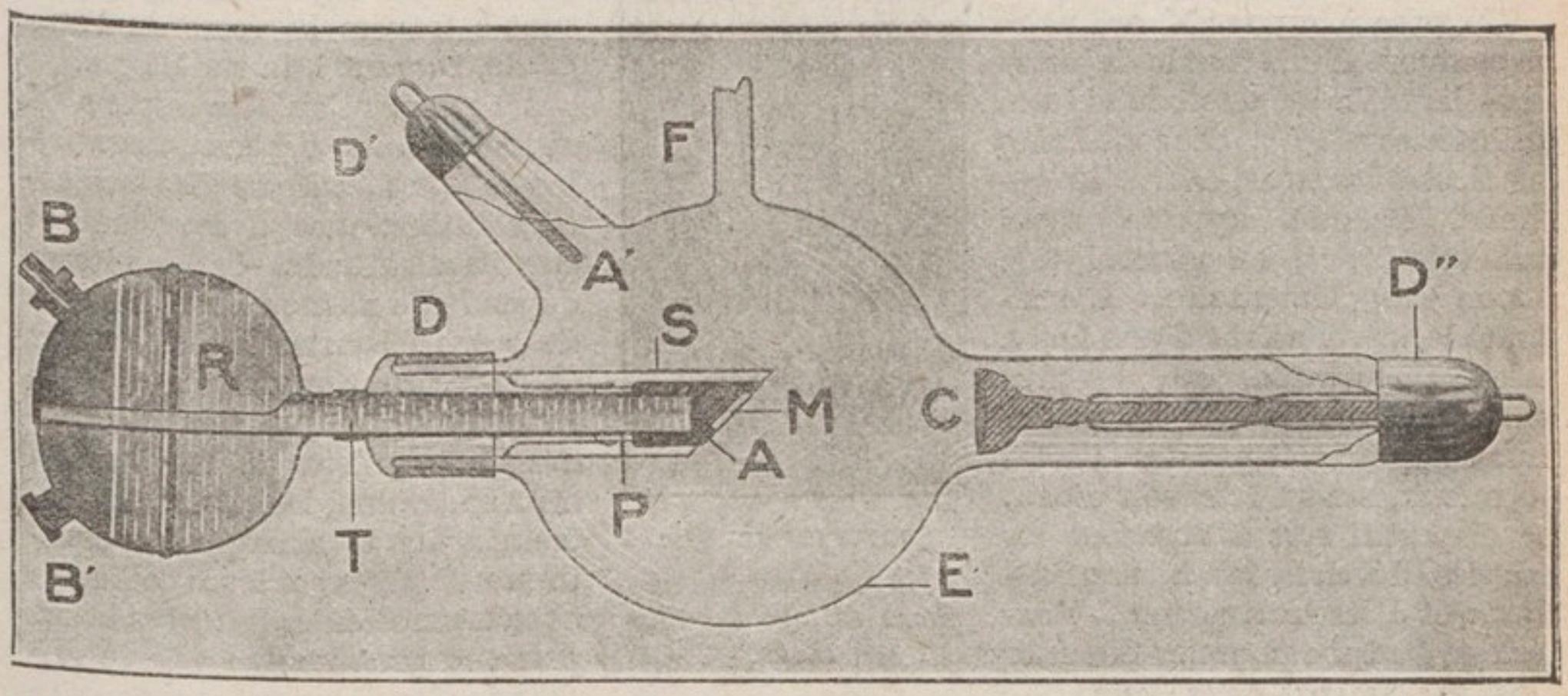
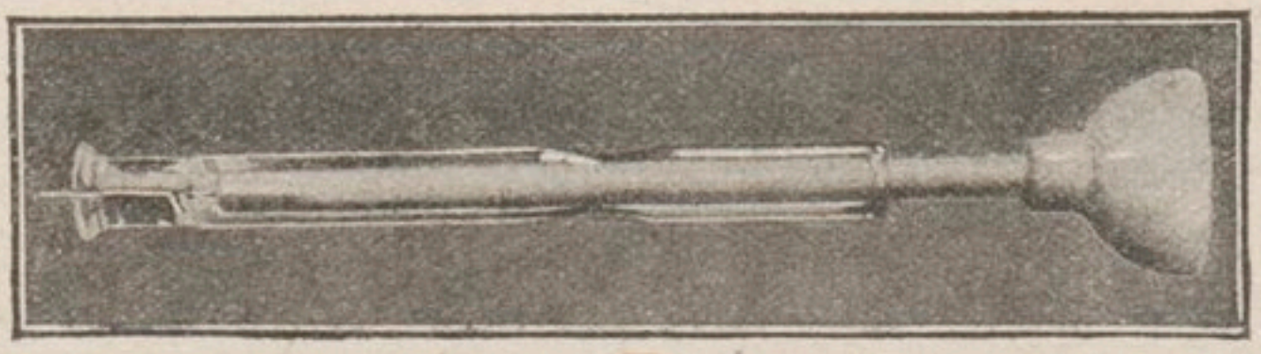


SCHÉMA D'UN TUBE A RAYONS X, INTENSIF, A REFROIDISSEMENT PAR EAU

A, *anode ou anticathode;* A', *anode supplémentaire;* B *et* B', *bouchons du réservoir d'eau;* C, *cathode;* D, D', D'', *capuchons;* E, *ballon de verre;* F, *tubulure sur laquelle est fixé le régulateur;* M, *miroir anticathodique;* P, *pièce en platine sur laquelle vient se souder le verre;* R, *réservoir d'eau servant de radiateur;* S, *enrobage de verre entourant l'anticathode;* T, *tube conduisant l'eau de refroidissement au fond de l'anticathode. Certaines ampoules sont refroidies à l'aide d'ailettes métalliques.*

le domaine du laboratoire. De deux ampoules absolument semblables, établies l'une et l'autre avec le même soin scrupuleux, pour la fabrication desquelles on aura employé les mêmes matériaux, qui, toutes deux, auront été faites par le même ouvrier, l'une pourra, à la dernière période des essais, être parfaite et l'autre ne rien valoir, du fait d'un imperceptible défaut que l'œil le plus vigilant, la main la plus experte n'auront pu discerner. Il en sera, de ces deux ampoules, comme de ces deux céramiques qui, faites de même matière, décorées par le même artiste avec les mêmes couleurs, seront, au sortir du même four et de la même cuisson, l'une un chef-d'œuvre, l'autre un objet malvenu et sans valeur.

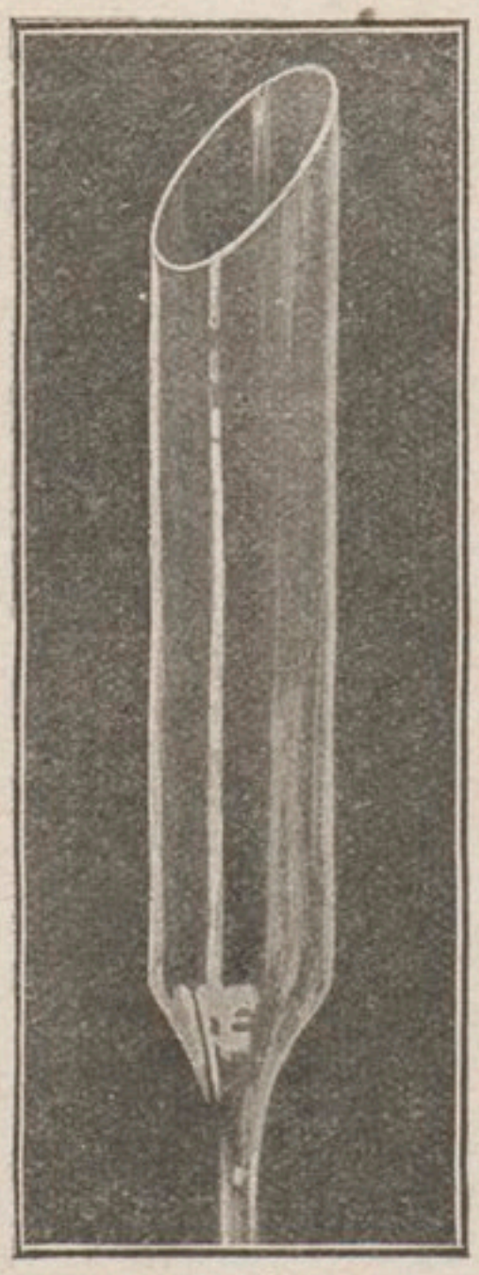


CATHODE EN ALUMINIUM

La tige est enrobée d'une enveloppe de verre, munie d'étranglements voulus, qui la maintiendra dans l'ampoule.

La fabrication des ampoules radiologiques est donc œuvre délicate qui vaut qu'on la suive et qu'on l'examine de près. Elle demande des matières de première qualité ; des ouvriers habiles, experts, consciencieux ; une surveillance constante et sévère ; des essais longs, méticuleux et, aussi, dangereux.

Un tube à rayons X ordinaire se compose d'une boule de verre dans laquelle on a fait le vide et à l'intérieur de laquelle sont fixées les électrodes, c'est-à-dire la cathode, l'anode, appelée aussi anticathode, et, en général, une anode supplémentaire. L'anticathode, s'échauffant d'une façon assez importante, est, le plus souvent, refroidie par un radiateur composé soit par des ailettes ou, mieux, par un réservoir d'eau. Ce dispositif sert à absorber les calories développées à l'anticathode et à les transporter à l'extérieur du tube pour les éliminer plus facilement dans l'air.



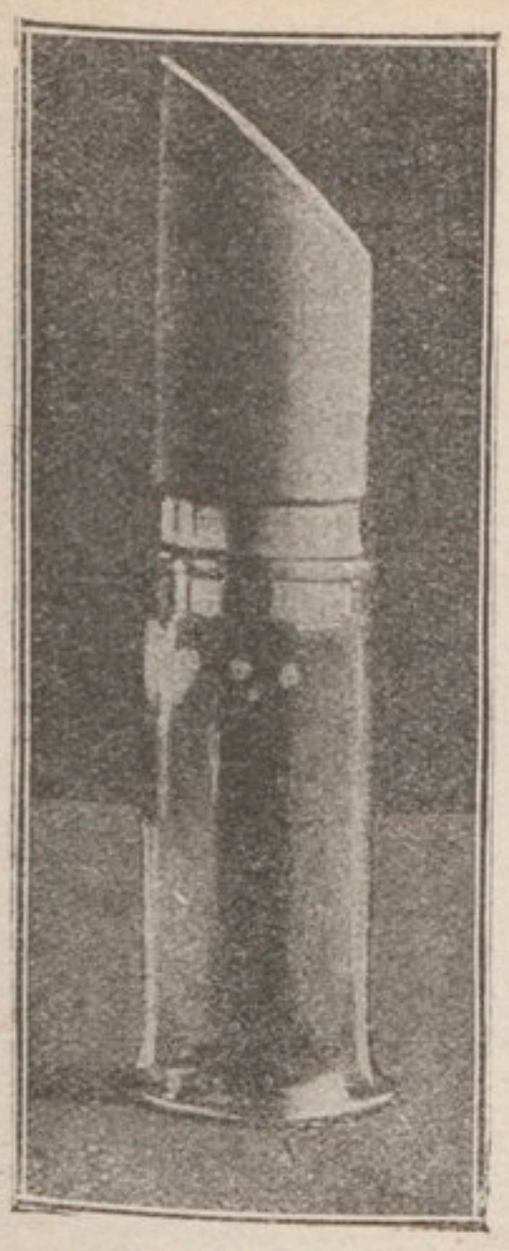
LE « SIFFLET »

Gaine de verre dans laquelle se loge l'anticathode.

Si nous passons au fonctionnement, nous voyons que les rayons X sont produits de la façon suivante : on sait que le passage d'une décharge électrique entre les électrodes d'un tube à rayons X n'est rendu possible que par la présence d'électrons dans le tube. Une des causes générales de production des électrons, celle utilisée dans les tubes ordinaires dont nous allons décrire la construction, est le bombardement de la cathode par les ions positifs qui proviennent de l'ionisation des gaz du tube et sont mis en mouvement par le champ électrique, car le vide du tube n'est pas tel qu'il n'y reste un nombre appréciable de molécules gazeuses.

Quand on fait passer le courant dans le tube, ces molécules gazeuses sont attirées avec une grande vitesse sur la cathode, et c'est cette multitude de bombardements qui engendre les électrons dont nous avons parlé plus haut. Ceux-ci ont la propriété de partir, de l'endroit d'où ils sont émis, perpendiculairement à la surface de ce point de départ, de telle sorte que, la surface d'émission des électrodes étant concave comme, par exemple, le miroir d'un projecteur, ces électrons sont concentrés en un faisceau qui vient bombarder l'anticathode en un seul point central. C'est de ce bombardement que naissent les rayons X qui, passant à travers le verre de l'ampoule, servent à la radiologie.

La pénétration des rayons X ainsi produits dépend essentiellement de la vitesse des projectiles cathodiques à leur arrivée sur l'anticathode. Cette vitesse dépend elle-même de la différence de potentiel entre les électrodes et de la pression du gaz dans le tube. Pour des pressions de l'ordre de grandeur de la pression atmosphérique, les électrons entraînés par le champ sont constamment gênés par leurs collisions avec les molécules gazeuses et ne peuvent prendre une vitesse suffisante. De là vient la nécessité de raréfier le gaz du tube. Les molécules étant alors moins nombreuses, les collisions deviennent plus rares pour un même électron, le libre parcours des électrons augmente, et, par suite aussi, leur vitesse. Telles sont, rapidement résumées, les conditions générales



L'ANTICATHODE

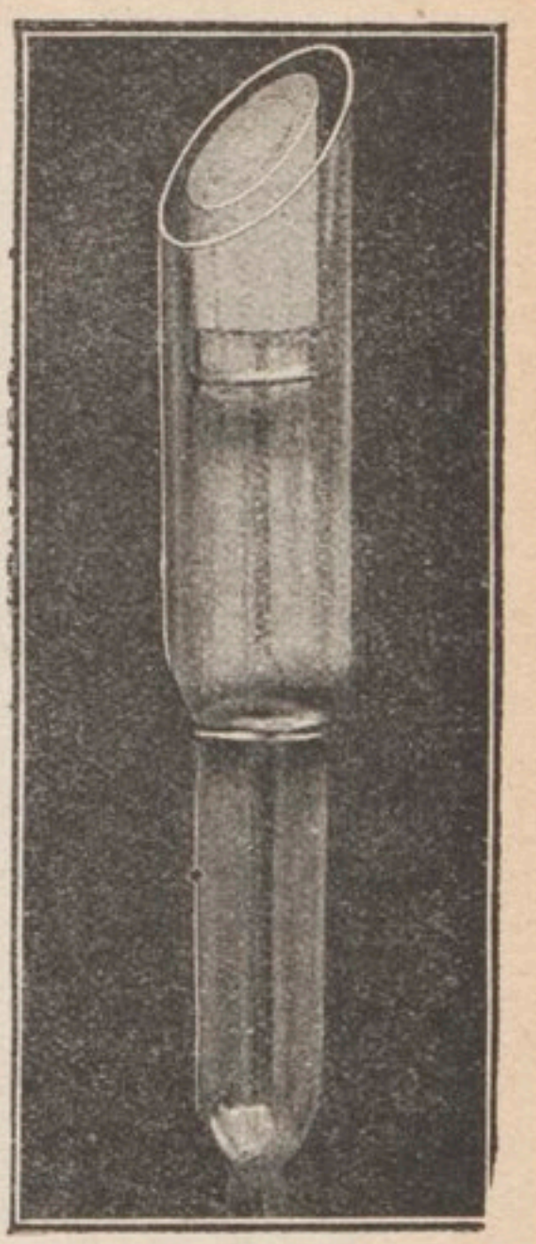
Ensemble de la pièce comprenant la masse de cuivre, le collet de platine et l'enrobage de verre.

du fonctionnement des tubes à rayons X, dans lesquels le vide n'est pas poussé tout à fait à l'extrême.

Pendant le fonctionnement d'un tel tube, il tend à se produire une disparition progressive des molécules gazeuses, tant du fait des collisions dont nous venons de parler que par suite d'une absorption par les parois et les électrodes. Alors la pression diminue et le tube se vide de lui-même pendant la marche. Cette absorption entraîne deux conséquences importantes : 1° l'émission cathodique diminue, le tube devient plus résistant et l'intensité du courant plus faible : l'intensité du faisceau de rayons X décroît ; 2° la résistance du tube augmentant, la différence de potentiel à ses bornes devient plus grande ; la vitesse des électrons augmente alors et le faisceau de rayons X devient plus pénétrant. Ainsi, la quantité et la qualité du rayonnement se modifient simultanément par le seul fonctionnement du tube.

Continue-t-on l'expérience dans ces conditions, le tube finit par se vider à tel point que la décharge refuse de passer à l'intérieur, même pour d'énormes différences de potentiel entre les électrodes. Introduit-on, au contraire, un peu de gaz par le régulateur, l'intensité et la pénétration du rayonnement subissent des modifications en sens contraire des précédentes, et toujours simultanées. C'est donc pour obtenir un certain équilibre que l'on est obligé d'avoir, sur les ampoules radiologiques dont nous parlons, l'appareil dit régulateur.

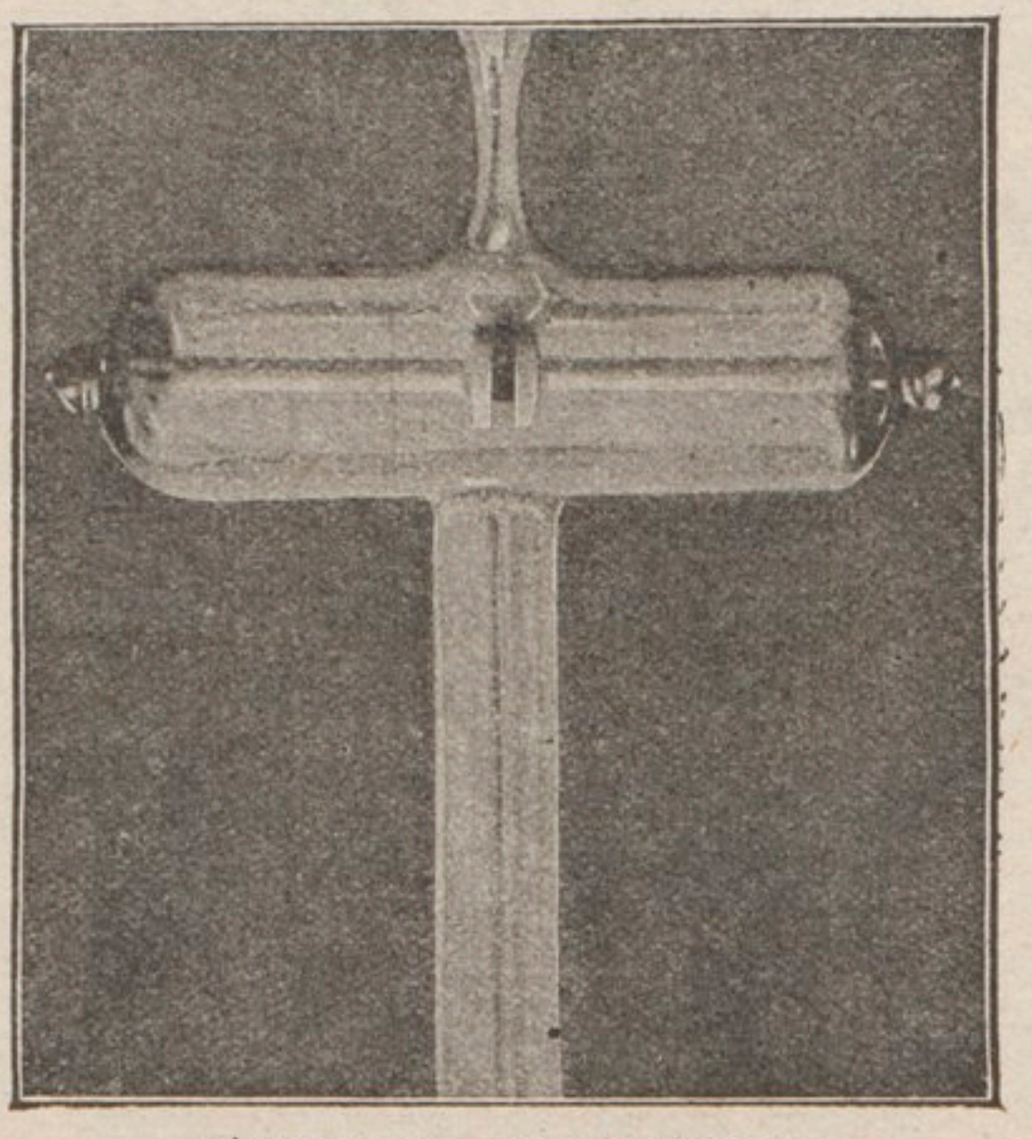
Une autre cause de variation peut encore se manifester. Lorsque le tube fonctionne à grande intensité, les électrodes s'échauffent notablement ; elles peuvent dégager des gaz. Alors la pression dans le tube augmente, le faisceau de rayons devient plus intense et moins pénétrant.



ANTICATHODE FINIE

On voit à la partie supérieure taillée en biseau, le miroir en tungstène où sont émis les rayons.

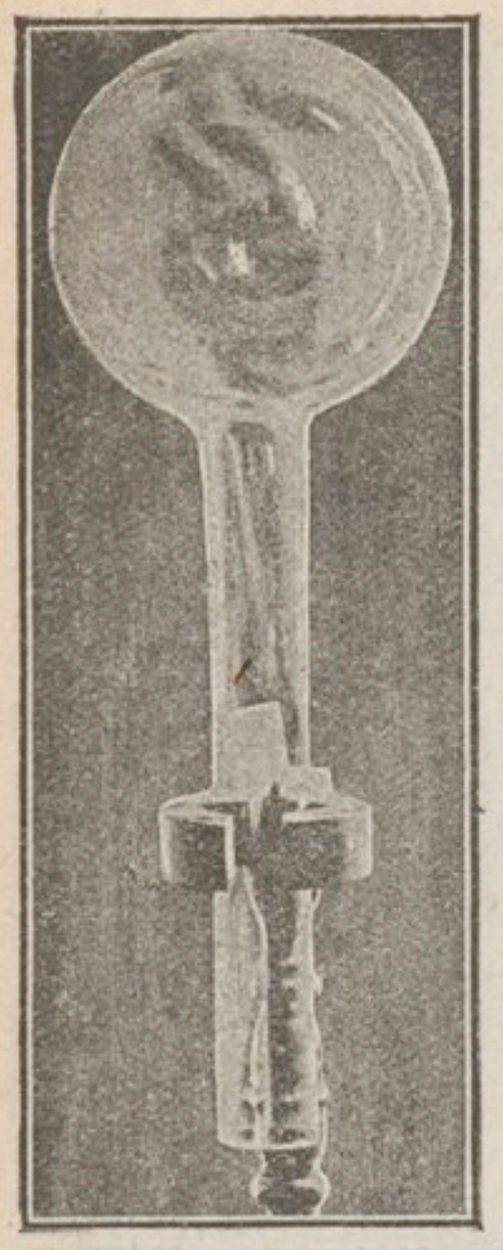
Pour éviter ce dégagement de gaz difficile à corriger, les anticathodes sont, soit munies de radiateurs pour éliminer la chaleur par conductibilité, soit disposées pour éliminer cette chaleur par radiation.



RÉGULATEUR DE L'AMPOULE

Cette pièce sert à l'introduction du gaz dans l'ampoule pendant le fonctionnement.

En définitive, les tubes ordinaires ont un régime qui se modifie de lui-même par leur seul fonctionnement. Pour empêcher ce régime de s'écarter trop d'une moyenne déterminée, une surveillance assidue est nécessaire. Le platine, l'iridium et le tungstène, métaux à point de fusion très élevé, sont employés pour accroître la résistance de l'anticathode. Comme nous l'avons dit plus haut, on refroidit celle-ci soit par des ailettes, soit par une



BALLON DE VERRE

Sur ce ballon seront soudés les appendices destinés à maintenir les électrodes.

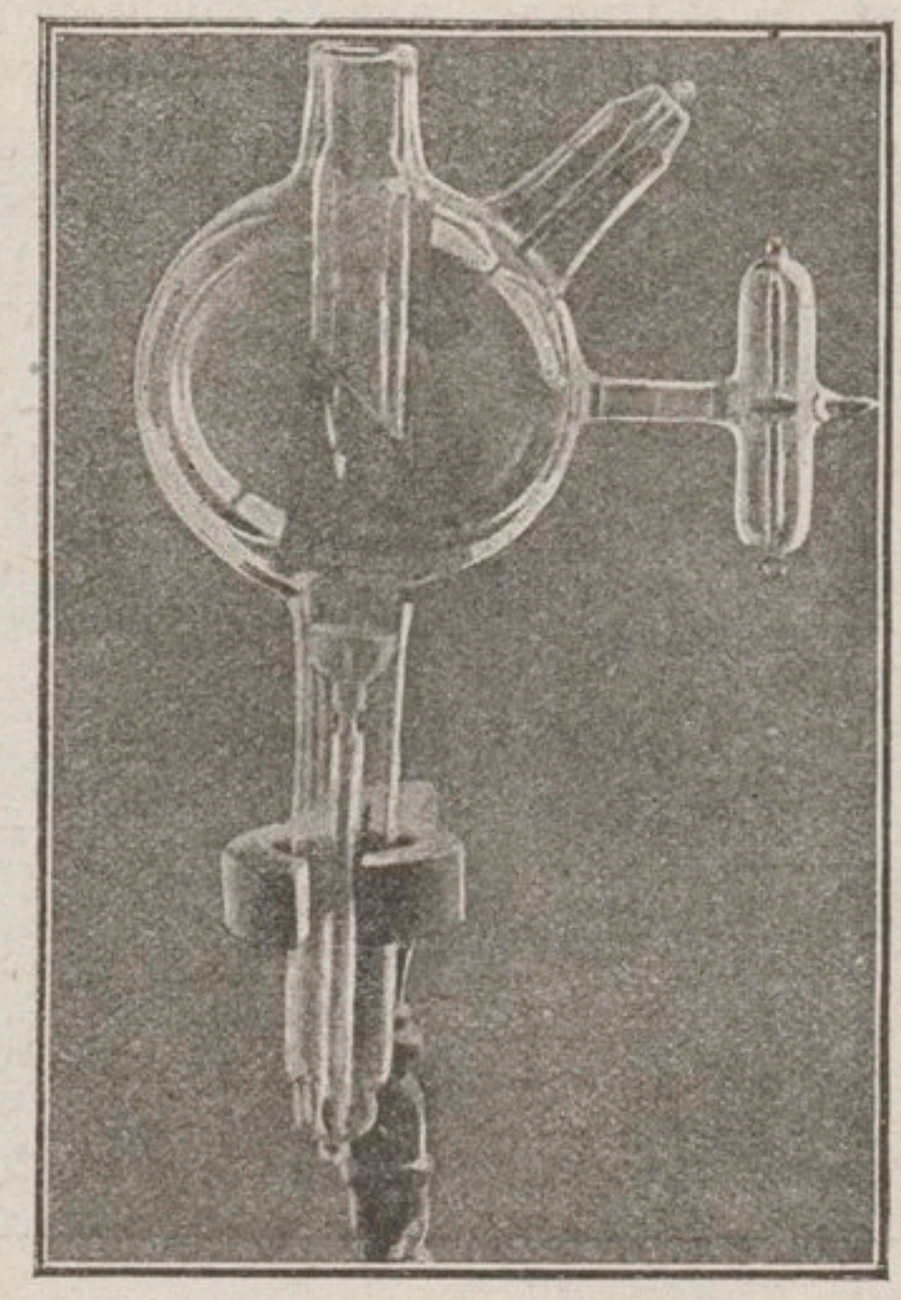
certaine masse d'eau enveloppante.

C'est la construction d'un des types adoptés par le Service de santé militaire que nous allons décrire, à partir seulement de la série des opérations constructives, laissant de côté celles qui ont tout spécialement trait à la constitution du verre et au soufflage des ballons.

L'ouvrier choisit d'abord avec soin les différents tubes de verre de dimensions différentes qui doivent servir à constituer le modèle définitif et complet ; puis il prend un ballon dont le col est parfaitement cylindrique et qui soit exempt de bulles, de « cordes » ou de « pustules ». En terme de verrier, les « cordes » sont des surépaisseurs de verre qui courent tout autour du ballon ; elles proviennent de mauvaises répartitions de la matière, lors du soufflage. Les « pustules » sont des particules de corps étrangers qui restent incorporées dans le verre ; ces défauts peuvent provenir d'un raffinage insuffisant du verre.

Une fois tube et ballon soigneusement nettoyés, on entreprend le montage des électrodes, qui seront ultérieurement mises en place à l'intérieur du ballon.

La *cathode* est constituée par une sorte de coupelle en aluminium, montée sur une tige de même métal. A la partie inférieure de la tige l'ouvrier fixe un fil de platine par fusion de l'aluminium, puis il prépare un tube de verre légèrement étranglé dans la première moitié. La tige de la cathode est alors enfilée dans le tube où elle doit passer librement, sans la forcer, dans la partie rétrécie. On évite ainsi toute casse ultérieure que pourrait occasionner une dilatation ou un rétrécissement du verre ou de l'aluminium, au moment de l'échauffement de la pièce pendant le fonctionnement. La partie supérieure du tube de verre porte un léger « rentré » qui vient s'appuyer contre un bourrelet de la tige d'aluminium, près de la coupelle. Ce bourrelet venant toucher le verre, est prévu pour maintenir la pièce en une place déterminée. Le fil de platine est ensuite entouré d'une masse de cristal que l'ouvrier soude au tube de verre et évase légèrement à la partie opposée, vers la coupelle.



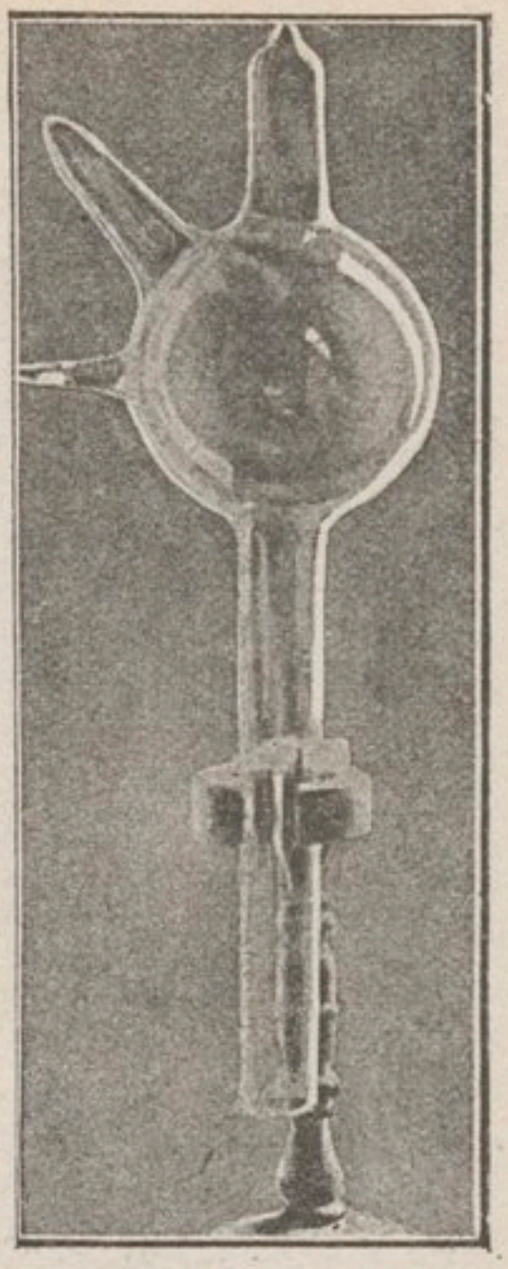
AMPOULE MONTÉE DE VERRERIE

Les électrodes et le régulateur sont en place.

Le cristal est obligatoire, car son coefficient de dilatation est très voisin de celui du platine, ce qui permet une réunion suffisamment intime pour réduire au minimum les risques de casse. Le verre ayant, en effet, un coefficient assez différent de celui du platine, ne suivrait pas celui-ci dans sa dilatation et se briserait.

A ce moment, la cathode est prête.

Pour l'*anticathode*, l'ouvrier prépare un tube de verre coupé en biseau, de dimension

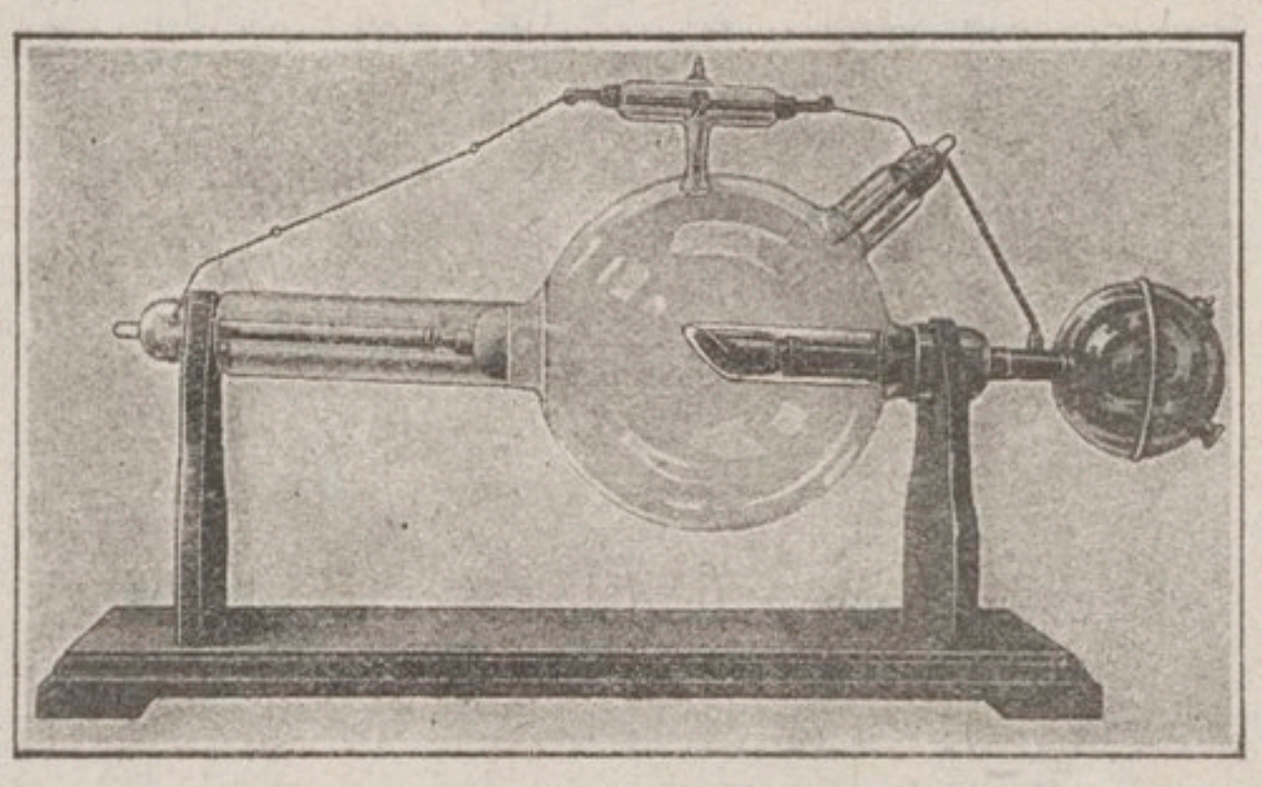


LES APPENDICES

A ce point de la fabrication, l'ampoule est prête à recevoir les parties métalliques.

voulue, que sa forme a fait dénommer le «sifflet» et qui lui servira de gaine.

Dans ce tube, il introduira l'anticathode en cuivre rouge qui porte une collerette de platine. Cette collerette a été enrobée dans un verre spécial qui se soude au platine. La base de cette partie de verre est évasée pour coïncider avec le diamètre intérieur du tube primitivement choisi. L'anticathode proprement dite, après différentes vérifications d'ordre mécanique, est alors introduite dans ce tube, puis l'évasement du verre de l'anticathode est soudé au « sifflet » que l'ouvrier rétrécit à cet endroit. L'anticathode est alors complète et prête à être fixée dans le ballon.



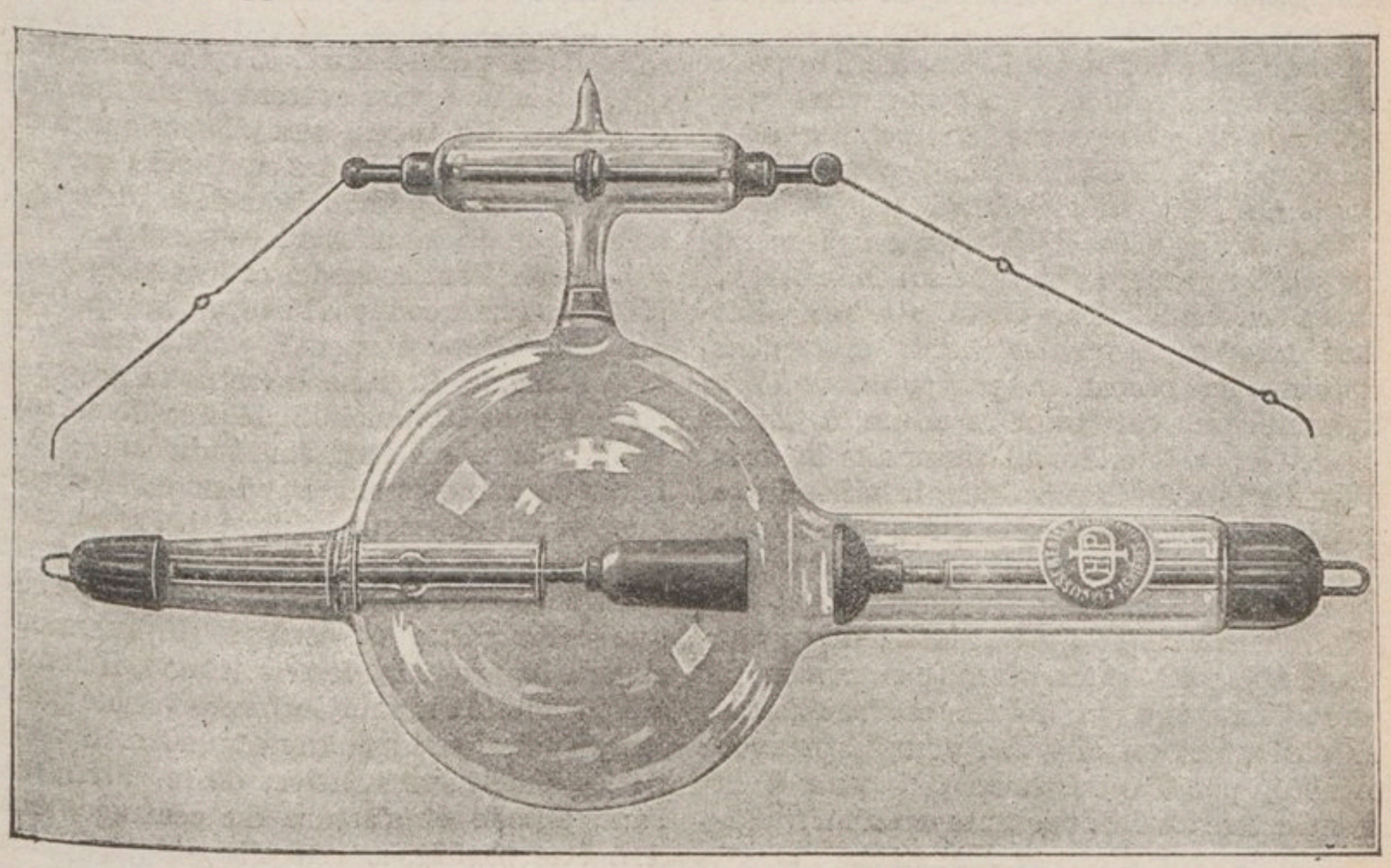
UN TUBE A RAYONS X SUR SON SUPPORT

Modèle, avec appareil pour refroidissement par eau, adopté par le Service de Santé militaire de l'armée française.

Sur l'ampoule de verre ou *ballon*, telle qu'elle sort de la verrerie, l'ouvrier prépare et soude trois appendices, comme le montre la gravure page 74. L'appendice supérieur doit être parfaitement dans l'axe du col ; le gros appendice latéral doit être à 45 degrés par rapport à l'axe des cols et, enfin, le petit appendice qui portera le régulateur doit être à 90 degrés.

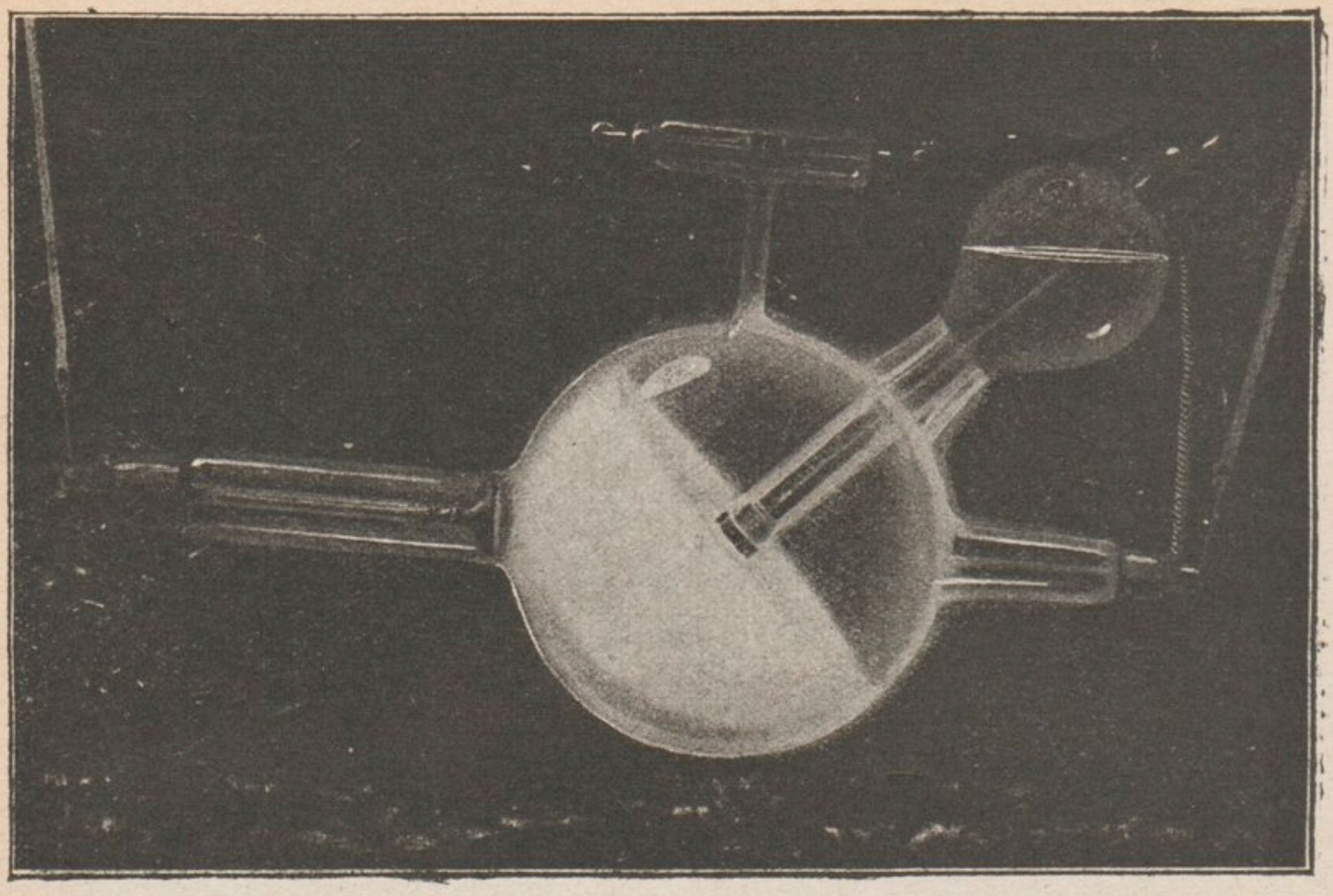
Dans ce travail de soudure des appendices, il y a lieu de surveiller particulièrement la forme du raccord entre le ballon et le tube ; il ne faut pas de congés trop brusques ou trop évasés, l'un ou l'autre pouvant être cause de casse en cette partie. Il faut, en effet, considérer que pendant le fonctionnement, les tubes à rayons X subissent de continuels échauffements ou refroidissements. Une fois ces soudures faites avec grand soin et refroidies lentement, les appendices sont coupés aux dimensions nécessaires.

On passe maintenant au montage. Dans



MODÈLE DE TUBE OU SOUPAPE DESTINÉE A ÉLIMINER LE COURANT DE SENS INVERSE

Cet appareil se place dans le circuit pendant le fonctionnement de l'ampoule.



MODÈLE DE TUBE A RÉSERVOIR D'EAU POURVU D'UN RÉGULATEUR ÉLECTRIQUE

l'appendice à 45 degrés se fixe l'anode supplémentaire constituée par une tige d'aluminium portant à la partie supérieure un fil de platine enrobé de cristal et soudé au verre du tube. Au moyen d'un gabarit qui lui indique le centre de l'ampoule, l'ouvrier introduit son anticathode toute montée et coupe le tube dépassant l'appendice déjà sectionné à la dimension voulue pour que les bords des deux tubes coïncident.

Une fois la pièce bien mise en place au moyen du gabarit, l'ouvrier soude les deux tubes concentriques. Cette soudure doit être très régulière, les bords des tubes doivent se raccorder par une soudure harmonieuse, car toute soudure à angle droit, en cet endroit, causerait le bris du tube lors de la mise sous le vide. Cette partie est, du reste, celle qui s'échauffe le plus. C'est, en effet, l'anticathode qui reçoit le choc du faisceau cathodique ; or, de l'énergie électrique appliquée au tube, une bien faible part est transformée en rayons X, un millième environ, le reste est transformé en chaleur et est absorbé, pour la presque totalité, par l'anticathode qui aura à la transmettre au dehors au moyen d'un radiateur à réservoir d'eau ou à ailettes.

L'anticathode, voisine de la soudure dont nous venons de parler, communique une partie de sa chaleur au verre qui subira, de ce fait, des variations notables de température. Cette partie du tube est donc une des plus délicates à établir. En plus de ces considérations thermiques, la soudure supérieure de l'anticathode doit supporter le poids de celle-ci en porte-à-faux. Il y a donc lieu d'apporter une grande attention au choix des diamètres des tubes, aux dimensions indiquées et aux formes des courbures, qui ont été calculées au point de vue de la résistance mécanique et des efforts à supporter.

Lorsque l'anticathode est soudée à sa place, l'ouvrier coupe à l'endroit indiqué par un gabarit le col opposé, puis rentre dans le col même du tube la cathode préparée comme nous l'avons indiqué précédemment. Il chauffe alors l'extrémité du col ; les bords se ramollissent et viennent s'appliquer sur l'évasement ménagé à l'extrémité de l'enrobage de cristal. L'ouvrier soude alors le cristal au verre du ballon et, lorsque cette partie est encore suffisamment chaude pour que le verre soit mou, il donne à l'extrémité du tube la forme voulue pour recevoir ultérieurement un capuchon. Il vérifie les dimensions relatives de la cathode à l'anticathode et s'assure du centrage, qui doit être parfait, de ces pièces intérieures.

La cathode se centre rigoureusement dans le col par la rotation de toute la pièce, rotation qui s'exécute en maintenant l'axe du

col de la cathode horizontal. En effet, le verre, étant encore mou, a tendance à se solidifier et la rotation de l'ensemble répartit convenablement le poids de la pièce pendant que le verre prend peu à peu sa rigidité.

Lorsque toutes ces pièces sont montées, le souffleur soude le régulateur au bout du petit appendice à 90 degrés. Cette pièce a été préparée à l'avance. Elle se compose d'un tube de verre portant deux appendices opposés. Deux électrodes en aluminium sont soudées à l'intérieur du tube de verre, bout à bout, et maintiennent entre elles une matière qui, sous le passage du courant allant d'une électrode à l'autre, libère les gaz nécessaires au fonctionnement normal de l'ampoule.

Quand le tube est terminé, on fait un vide peu élevé et l'objet est laissé en magasin pendant quelques jours afin de s'assurer qu'aucune casse ne s'est produite du fait du travail du verre. Après ce repos, le tube est livré à l'atelier de pompage. Là, il est branché sur une pompe à mercure et actionné, au point de vue électrique, par des appareils de haute tension qui, pendant tout le temps du pompage, feront fonctionner le tube à un régime élevé, afin que toutes les parties métalliques s'échauffent et que les gaz contenus dans les électrodes s'échappent du métal et soient absorbés par les pompes.

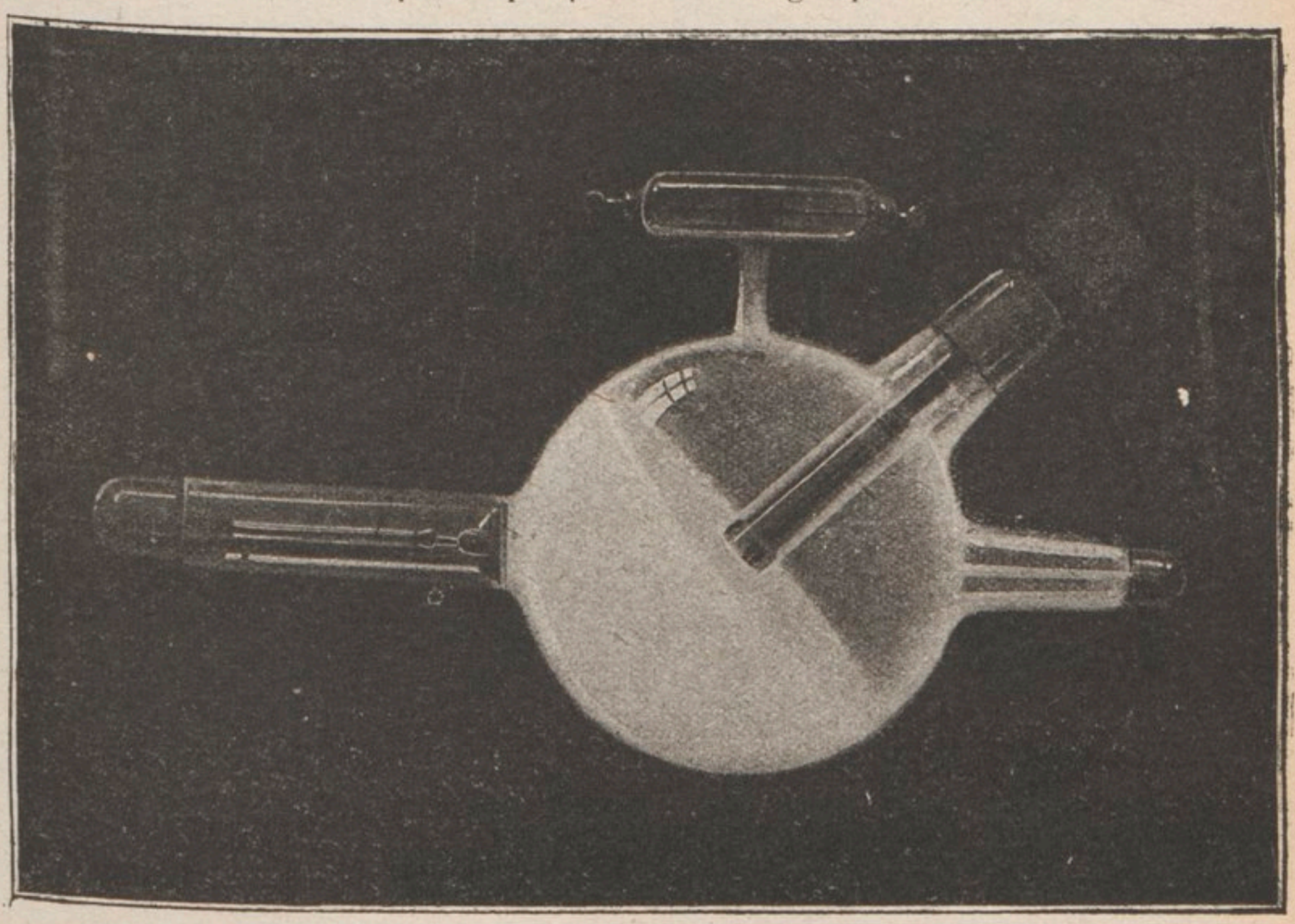
Ce travail, très délicat, demande une surveillance constante et nécessite de longues heures pour les tubes modernes. Il est malaisé de donner des renseignements sur cette opération qui diffère plus ou moins pour chaque modèle de tube radiologique.

Il y a lieu de remarquer que, pendant tout ce travail, le tube émet des rayons et que les ouvriers chargés de cette phase de la fabrication doivent être protégés. Dans l'installation que nous avons visitée, l'ampoule est complètement entourée de paravents recouverts de 8 millimètres de plomb. Tous les appareils de commande et de mesure se trouvent éloignés de l'endroit où fonctionne le tube afin qu'en aucun cas le personnel ne puisse se trouver, dans la pièce, à proximité du rayonnement émis.

Le tube, pour être entièrement fini, n'a plus qu'à recevoir les capuchons et le radiateur constitué par un réservoir sphérique contenant de l'eau. Cette dernière opération, ainsi que le marquage du tube, est exécutée, par un spécialiste, à l'atelier de finition.

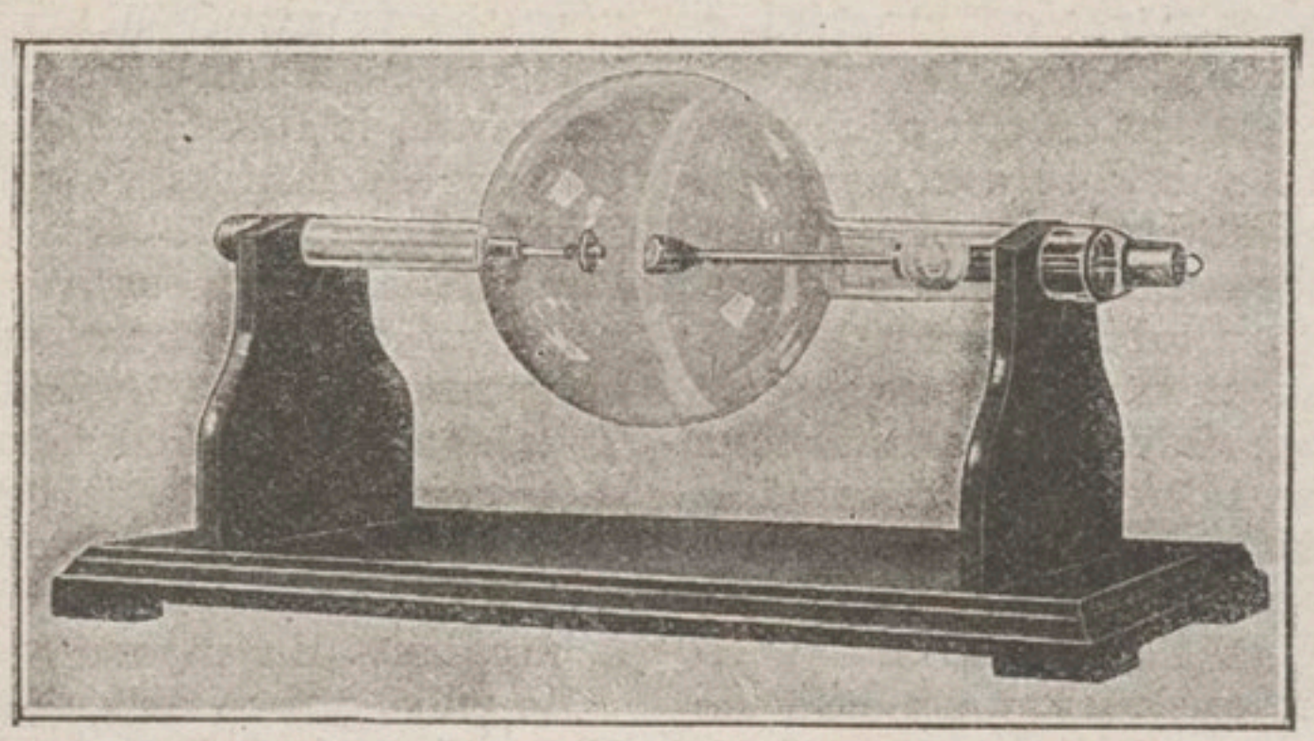
Il existe différents modèles de tubes à rayons X, de formes et de dispositifs variés suivant les opérations auxquelles on les destine. Nous en donnons ici quelques spécimens conçus pour les cas divers.

A ce groupe de tubes ordinaires et de



TUBE RADIOLOGIQUE A REFROIDISSEMENT AU MOYEN D'UNE CIRCULATION D'AIR

modèle courant sont venues s'ajouter les ampoules puissantes du type Coolidge, à l'aide desquelles on a pu réaliser la radiographie des métaux que nous avons déjà étudiée ici. Pour l'emploi et les essais de ces tubes, qui peuvent admettre pratiquement des voltages plus élevés et supporter des intensités beaucoup plus fortes que ne le comportent les tubes ordinaires, les mesures de protection et les écrans de plomb qu'elles exigent ne sauraient, en aucun cas, être négligés.

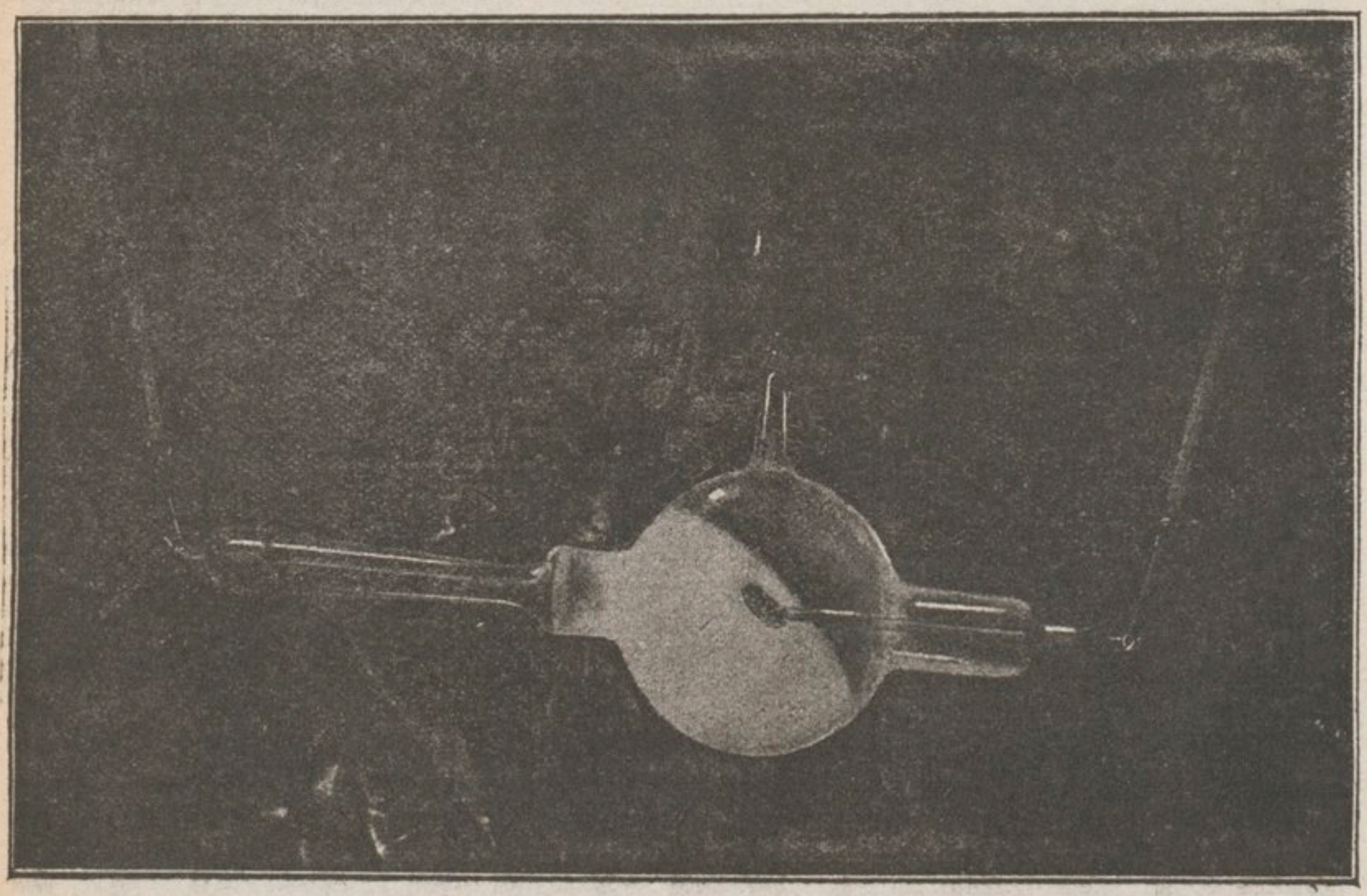


SPÉCIMEN PHOTOGRAPHIQUE DE TUBE « COOLIDGE »

Ce nouveau tube repose sur un principe de fonctionnement complètement différent des autres. Il ne contient, en effet, qu'une cathode et une anticathode.

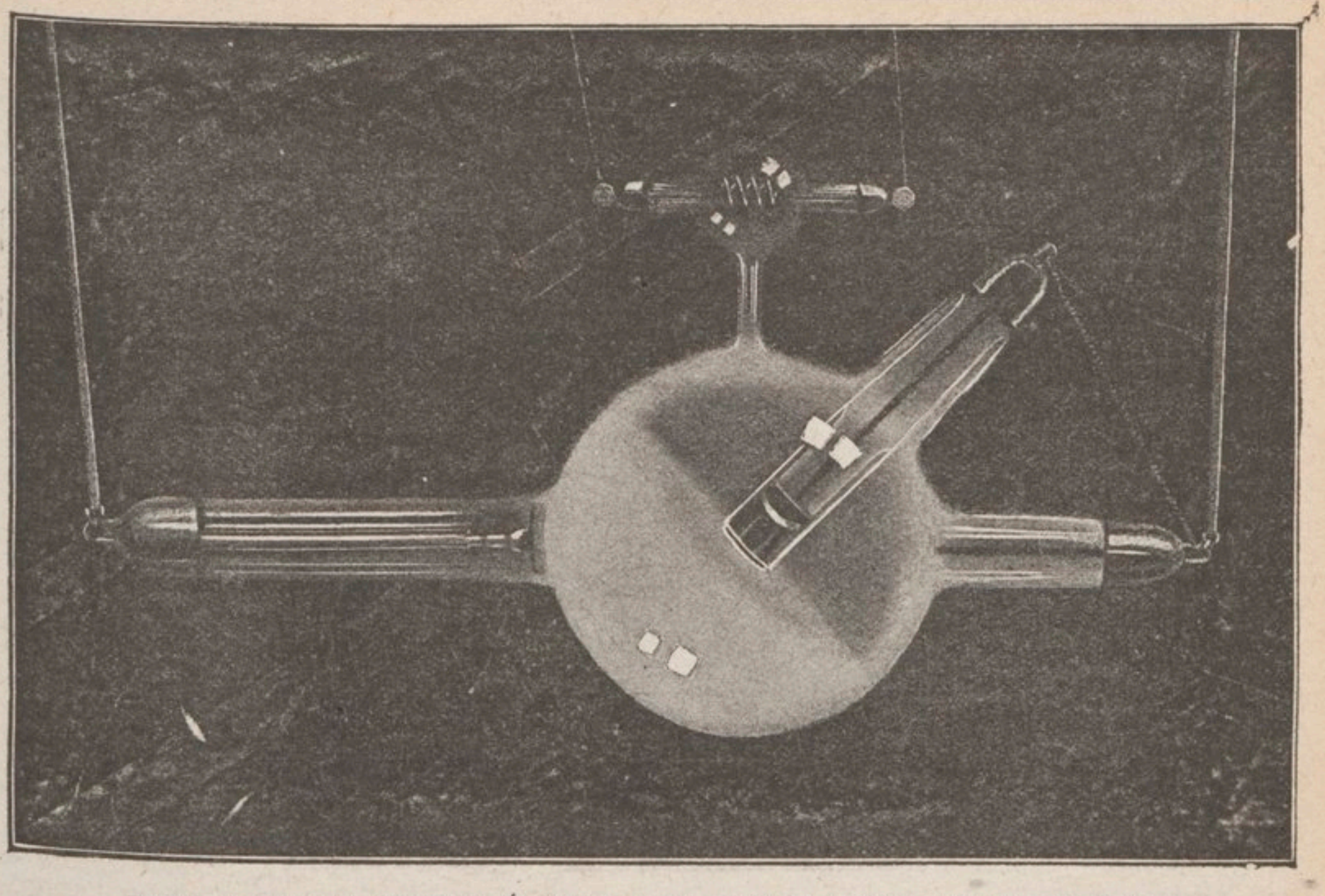
Le tube Coolidge n'a que deux appendices qui contiennent les électrodes, cathode et anticathode. Sa particularité est de permettre un réglage parfait et immédiat du faisceau de rayons X, soit en intensité, soit en pénétration. Ce réglage est obtenu par des variations d'échauffement d'un petit filament qui se trouve placé au centre de la cathode, variations combinées avec d'autres variations opérées sur le courant à haute tension. Le filament cathodique est échauffé par un petit transformateur spécial ou par une batterie d'accumulateurs. Ce tube réclame, pour fonctionner, un vide considérablement plus poussé que dans les autres tubes décrits plus haut.

Tous ces tubes sont essayés, pendant plusieurs jours, à différents régimes. Une de nos gravures (page 70) représente un laboratoire d'essais. Dans le fond, se trouve une cabine où se tient l'opérateur ayant sous la main toutes les manettes de contrôle et sous les yeux tous les appareils de mesure. A faible régime, il se contente de la protection



TUBE A OSMO RÉGULATEUR VILLARD, POUR LA RADIOTHÉRAPIE

Ce modèle d'ampoule, l'un des premiers établis, est encore couramment employé dans les hôpitaux.



TUBE A FAIBLE INTENSITÉ POUR LES INSTALLATIONS TRANSPORTABLES

Ce type est principalement utilisé dans les voitures radiologiques du Service de santé militaire.

d'une épaisse glace anti-X et peut observer directement le tube à travers cette glace. Quand il devient nécessaire de tenter un essai à régime élevé, l'opérateur remonte un volet qui vient obturer la glace, ce volet étant recouvert de plomb comme le reste de la cabine. L'opérateur voit alors le tube par réflexion dans la glace, à travers une petite fenêtre latérale réservée dans la cabine. Cette fenêtre est elle-même protégée des rayons directs par un volet en plomb qui se rabat sur elle.

Ce n'est qu'après des essais de plusieurs jours qu'un tube est reconnu parfait et peut être livré ensuite au client.

Le personnel chargé de ces essais reste ainsi des journées entières à faire fonctionner des tubes. C'est dire combien il est obligatoire d'assurer sa protection contre les radiations émises directement ou indirectement par les tubes. Le dispositif du laboratoire dont nous venons de parler semble donner le maximum de sécurité, car l'opérateur, de sa cabine, au moyen de commandes à distance, règle tous ses appareils sans aucune espèce de danger.

SPÉCIMEN DE RADIOGRAPHIE D'INSECTE

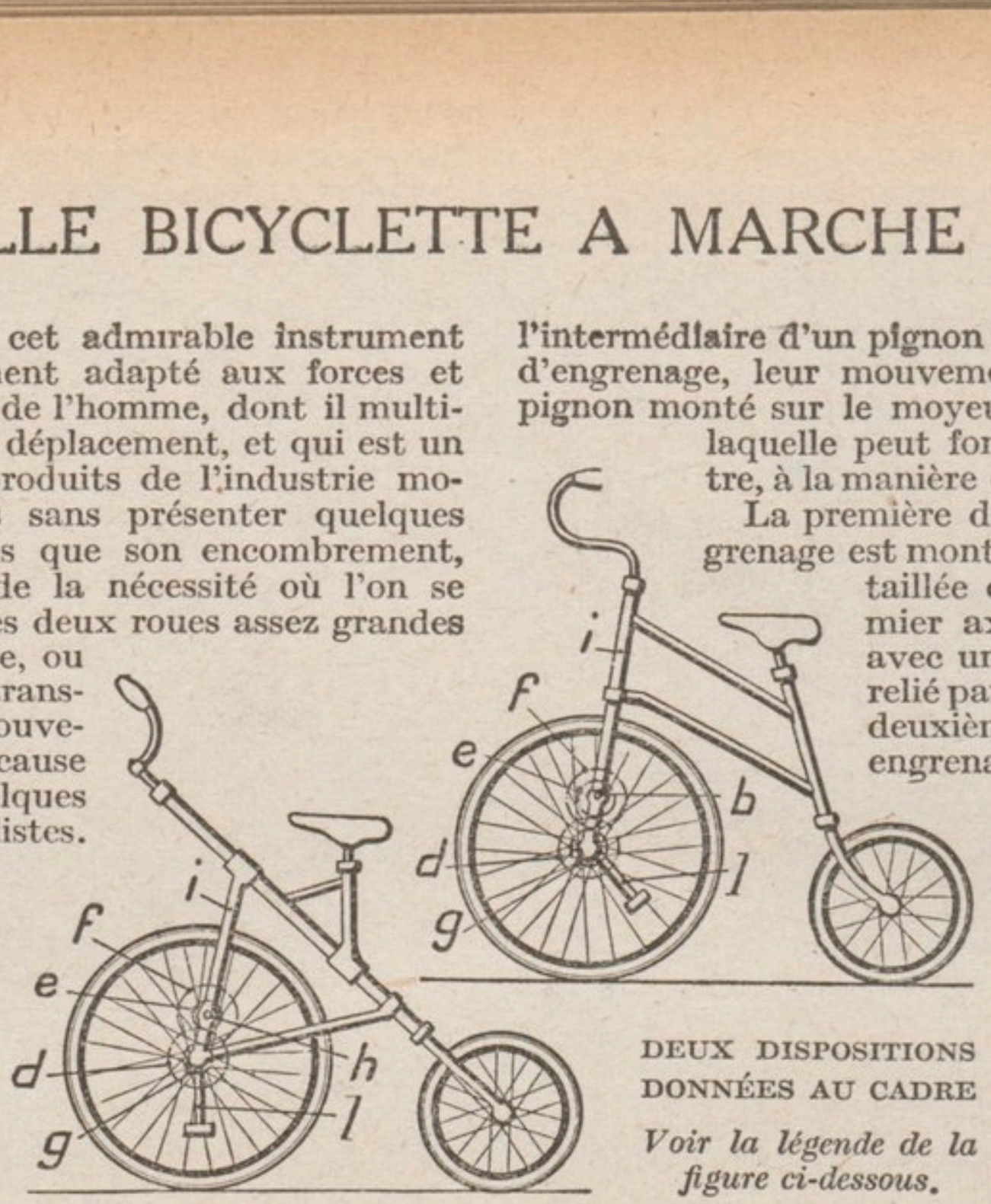
Ce sont ces appareils qui sont communément utilisés aujourd'hui dans les salles de chirurgie, dans les hôpitaux militaires, français et alliés, dans les voitures radiologiques, Qu'il s'agisse de lire à travers le corps humain et de noter sur la plaque sensible les remarques qu'on y a faites en vue d'une intervention chirurgicale, c'est une de ces ampoules dont nous venons de décrire la fabrication qui sera utilement employée, aussi bien que pour reconnaître la constitution intérieure des métaux et les défauts qu'ils peuvent contenir ou pour dévoiler le secret des détonateurs renfermés dans les bombes, obus ou mines sous-marines.

Les services que peuvent rendre les rayons X à l'humanité et à la défense nationale sont tels que les difficultés que comporte la fabrication des ampoules radiologiques ne doivent être comptées que pour mémoire.

FERNAND BARBERIN.

NOUVELLE BICYCLETTE A MARCHE SIMPLE

La bicyclette, cet admirable instrument si parfaitement adapté aux forces et aux besoins de l'homme, dont il multiplie la faculté de déplacement, et qui est un des plus utiles produits de l'industrie moderne, n'est pas sans présenter quelques inconvénients tels que son encombrement, lequel provient de la nécessité où l'on se trouve de faire les deux roues assez grandes et d'égal diamètre, ou à peu près. La transmission du mouvement par chaîne cause aussi parfois quelques ennuis aux cyclistes.



DEUX DISPOSITIONS DONNÉES AU CADRE

Voir la légende de la figure ci-dessous.

Dans le but d'éviter ces inconvénients et ces ennuis, un constructeur français, M. Ferdinand Riehl, vient d'inventer et de faire breveter un nouveau système de bicyclette, dite à marche simple, ayant un encombrement très réduit, obtenu par une inégalité importante dans le diamètre des roues, et qui comporte un cadre de forme spéciale ne portant pas de pédalier, les manivelles étant directement montées sur l'arbre moteur de la machine. En outre, la simplicité du mécanisme en fait un véhicule léger et souple dont voici, en quelques mots, la description :

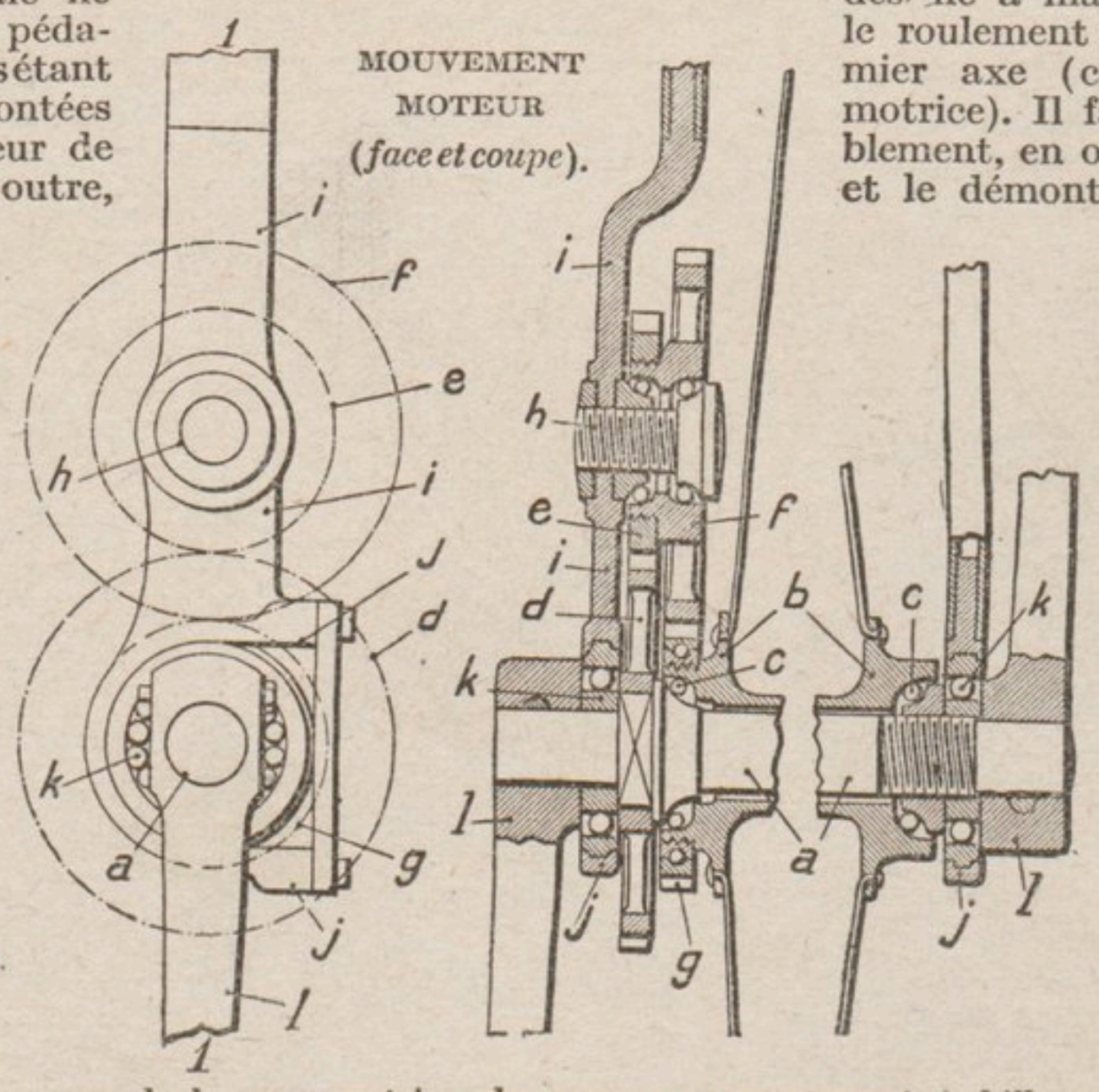
La roue motrice est à l'avant. Il y a deux axes : l'un (le premier) autour duquel le moyeu de ladite roue tourne, et l'autre, (le second) qui est placé au-dessus du premier et qui est porté par le montant du cadre. Les pédales, fixées à l'axe de la roue motrice, transmettent, par l'intermédiaire d'un pignon et de deux roues d'engrenage, leur mouvement à un second pignon monté sur le moyeu de cette roue, laquelle peut fonctionner, en outre, à la manière d'une roue libre.

La première de ces roues d'engrenage est montée sur une partie taillée en carré du premier axe ; elle engrène avec un premier pignon relié par un filetage à la deuxième roue dentée engrenant à son tour avec le deuxième pignon qui peut être monté sur une roue libre d'un type quelconque, laquelle se visse à l'extrémité du moyeu. On voit que le premier pignon et la seconde roue dentée, ou d'engrenage, forment un ensemble qui, monté sur des roulements à billes, tourne autour du second axe porté par le montant du cadre. L'extrémité de ce montant forme un étrier destiné à maintenir en place le roulement à billes du premier axe (celui de la roue motrice). Il facilite considérablement, en outre, le montage et le démontage de la roue.

Enfin, les manivelles sont fixées aux extrémités de l'axe à la manière ordinaire.

Sous l'action des pédales, l'axe donne son mouvement de rotation à la première roue dentée qui, par l'intermédiaire d'un premier pignon, de la seconde roue dentée et d'un second pignon, actionne une roue montée sur la roue libre qui se visse sur le moyeu de la roue motrice de la petite machine.

MOUVEMENT MOTEUR (*face et coupe*).



a, *axe de la roue motrice;* b, *moyeu;* c, *roulement à billes;* d, *première roue d'engrenage;* e, *premier pignon;* f, *seconde roue d'engrenage;* g, *second pignon;* h, *second axe porté par le cadre;* i, *montant du cadre;* j, *étrier;* k, *roulement à billes sur l'axe* a; l, l, *manivelles auxquelles sont adaptées les pédales.*

LES SYSTÈMES LES PLUS USITÉS DE CHAUFFAGE CENTRAL

Par Claude GIGON

RÉPARTIR la chaleur d'un foyer unique dans toutes les parties d'une maison d'habitation ou d'un édifice public, et maintenir dans chacun des locaux une température suffisamment élevée pour permettre d'y vivre dans les meilleures conditions possibles, tel est le rôle éminemment utile du *chauffage central*, dont l'emploi tend de plus en plus à se généraliser.

Il présente, en effet, sur tous les autres systèmes de chauffage, lorsqu'il est soigneusement et scientifiquement établi, d'indiscutables avantages : au point de vue de l'hygiène, plaçant hors des lieux habités les foyers qui vicient l'air par les dégagements de gaz toxiques, de fumées malodorantes et de poussières de toute nature et permettant, dans la plupart des appareils, le réglage rapide ou plutôt le « dosage » de la chaleur pour compenser les écarts de la température extérieure. Au point de vue de l économie, permettant l'utilisation de nombreux combustibles dans le foyer unique dont la consommation est très notablement inférieure à celle des foyers partiels qui seraient employés au chauffage du même nombre de locaux. Il supprime aussi, ce qui n'est pas à dédaigner, le travail insupportable de l'allumage de « feux » multiples.

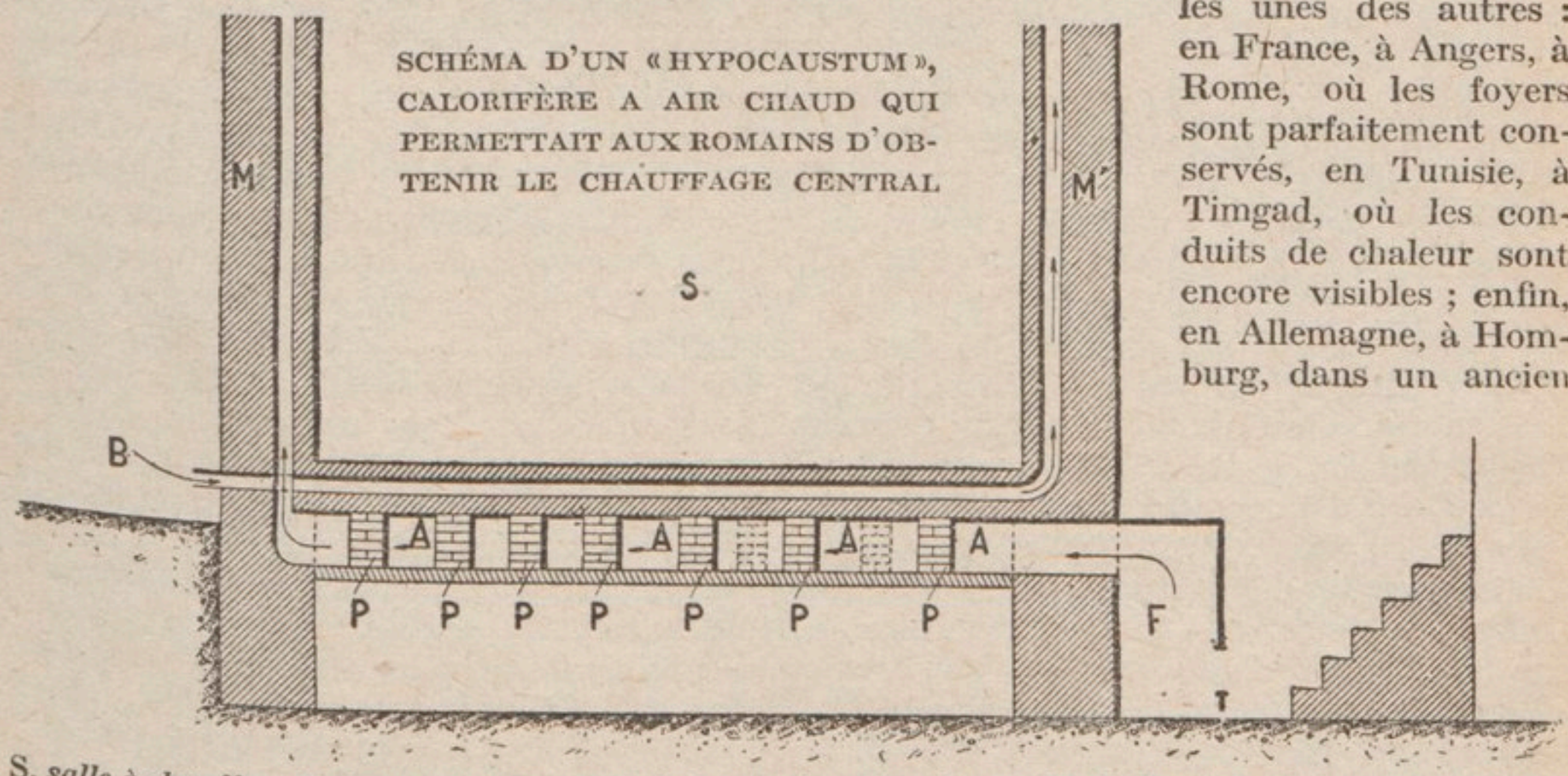
Enfin, les appareils modernes, présentant les derniers perfectionnements, sont construits à des prix très abordables : une petite installation de chauffage à eau chaude, fonctionnant avec le fourneau de cuisine et chauffant de trois à cinq pièces, est en usage, actuellement, aux environs de Paris, dans de très nombreuses habitations à *bon marché*.

Chez les ancêtres

L'idée de chauffer de grandes surfaces au moyen d'un foyer unique et de dimensions relativement faibles avait été déjà mise en pratique par les anciens. Un siècle au moins avant l'ère chrétienne, les Romains construisaient un véritable calorifère à air chaud qu'ils désignaient sous le nom d'*hypocausis* ou *hypocaustum* : c'est au moyen de cet appareil qu'ils obtenaient une température constante dans les *tepidaria* (piscines à eau tiède), et *caldaria* (étuves) de plusieurs de leurs thermes, installés avec un luxe inouï.

On a retrouvé quelques-uns de ces *hypocausta* relativement bien conservés dans des ruines romaines fort éloignées, à vrai dire, les unes des autres : en France, à Angers, à Rome, où les foyers sont parfaitement conservés, en Tunisie, à Timgad, où les conduits de chaleur sont encore visibles ; enfin, en Allemagne, à Homburg, dans un ancien

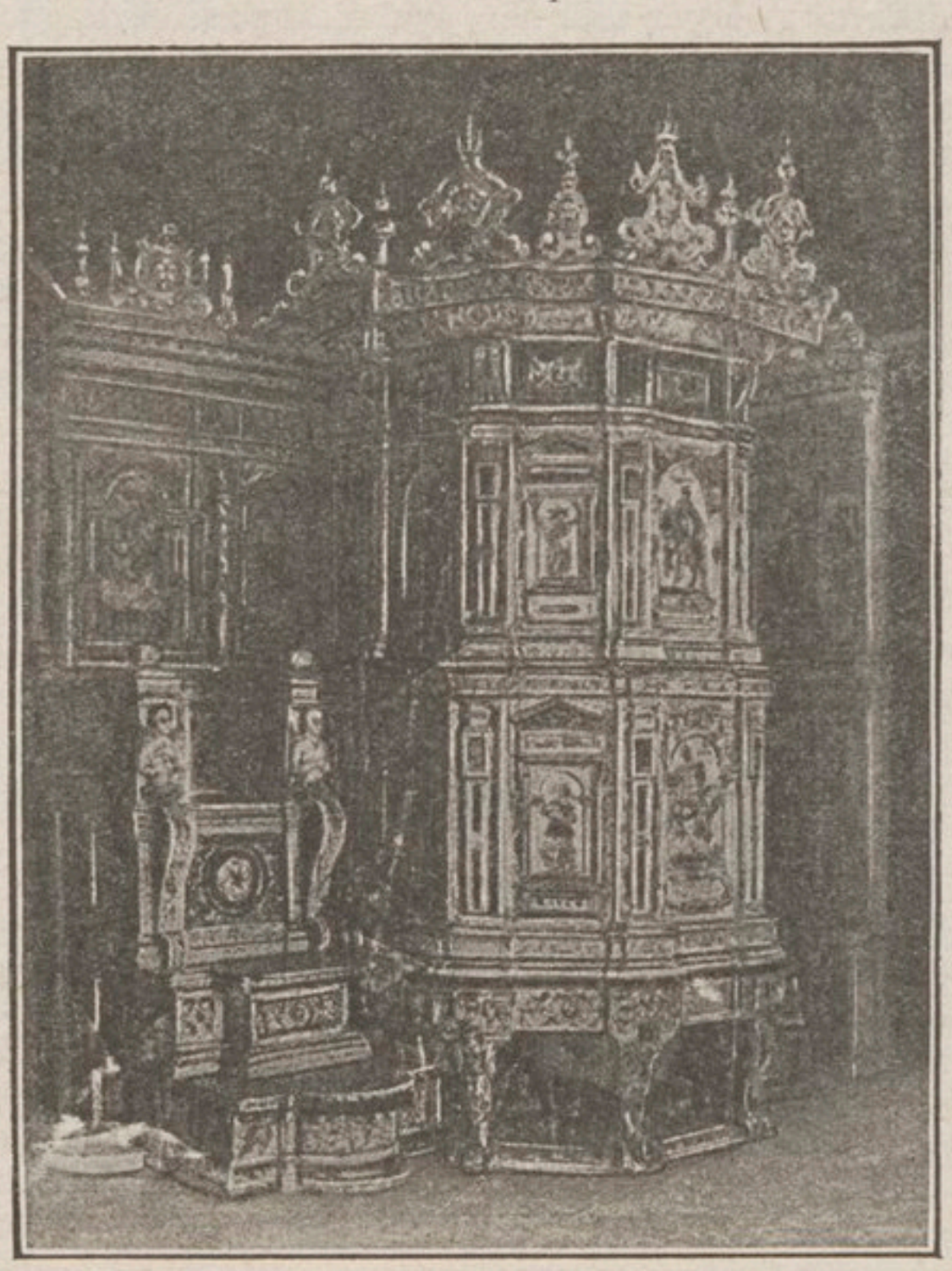
SCHÉMA D'UN « HYPOCAUSTUM », CALORIFÈRE A AIR CHAUD QUI PERMETTAIT AUX ROMAINS D'OBTENIR LE CHAUFFAGE CENTRAL



S, salle à chauffer ; F, foyer ; A, passage de la fumée chauffant le mur M ; P P, pieds-droits en maçonnerie de briques ; B, prise d'air ; le mur M' est chauffé intérieurement par un conduit d'air chaud.

castellum romanum, propriété actuelle du kaiser, qui l'a fait complètement restaurer.

Au XVII^e siècle, les constructeurs des poêles de faïence qui chauffaient les vastes pièces des châteaux allemands refirent des « calorifères » à circulation d'air. Nous reproduisons ici un de ces appareils, véritables œuvres d'art, conservés au musée national de Zurich. Le foyer au bois, destiné à élever la température de la masse de céramique, a été placé dans une chambre voisine pour éviter tout dégagement de fumée dans la pièce à chauffer.



POÊLE EN FAIENCE POLYCHROME, A FOYER EXTÉRIEUR, CONSERVÉ AU MUSÉE NATIONAL DE ZURICH

Le chauffage moderne

L'établissement du chauffage central d'un immeuble quelconque ne peut se faire sans de longues études, et des calculs très compliqués sont nécessaires pour obtenir un bon rendement des appareils. Le premier soin du constructeur est de déterminer, dans les divers locaux à chauffer, les déperditions partielles de chaleur. Ce calcul, très long et minutieux, se fait au moyen de tables donnant, pour *chacun des matériaux* employés dans le bâtiment, leur coefficient de déperdition suivant la position qu'ils occupent par rapport à l'orientation, suivant, également, la façon dont ils sont enduits, ou abrités par d'autres matières.

Le constructeur procède ensuite à la totalisation des déperditions, ce qui lui permet de déterminer le nombre de calories nécessaires d'abord pour compenser ces déperditions, puis pour maintenir, dans les circonstances les plus défavorables, la température constante demandée, et de calculer, dans le cas où il s'agit d'un chauffage par l'eau chaude ou la vapeur, la surface de chauffe nécessaire à chaque pièce ; enfin, il peut établir aisément les sections de la tuyauterie.

D'après ces données, il fera choix du foyer ou de la chaudière dont il connaît d'avance la puissance de chauffage et la consommation en combustible, selon la nature de ce dernier, houille, anthracite, etc.

Il existe, à l'heure actuelle, trois modes de chauffage central appliqués dans les maisons d'habitation ou les appartements, les établissements publics et les locaux industriels :

Le chauffage par l'air chaud, le chauffage par l'eau chaude, et le chauffage par la vapeur à haute et à basse pression, plus quelques systèmes très particuliers.

Chauffage par l'air chaud

Calorifères. — Ce mode de chauffage, que nous voyons encore en usage dans de nombreux édifices, et qui, malgré certains hygiénistes, a encore beaucoup de partisans, est, sans contredit, le plus ancien au point de vue de l'application, tout au moins dans notre pays. Les premiers *calorifères* qui donnèrent des résultats réellement pratiques furent construits par Chaussenot, vers l'année 1848, et connurent un rapide succès.

Quelles que soient les dispositions données à ces appareils, ils se composent toujours : d'un foyer de briques souvent contenu dans une enveloppe de tôle et muni d'une grille sur laquelle brûle le combustible. Ce foyer envoie ses gaz et sa fumée dans une surface de chauffe métallique composée de tuyaux horizontaux ou verticaux munis ou non d'ailettes de radiation, laquelle surface de chauffe est renfermée avec le foyer dans une enveloppe en maçonnerie de briques.

Des *conduits de prise d'air* débouchant à une faible distance du foyer et s'élargissant de manière à former la *chambre d'air froid*, amènent l'air extérieur au contact de la surface de chauffe. Cet air s'échauffe progressivement en passant sur les tuyaux de la

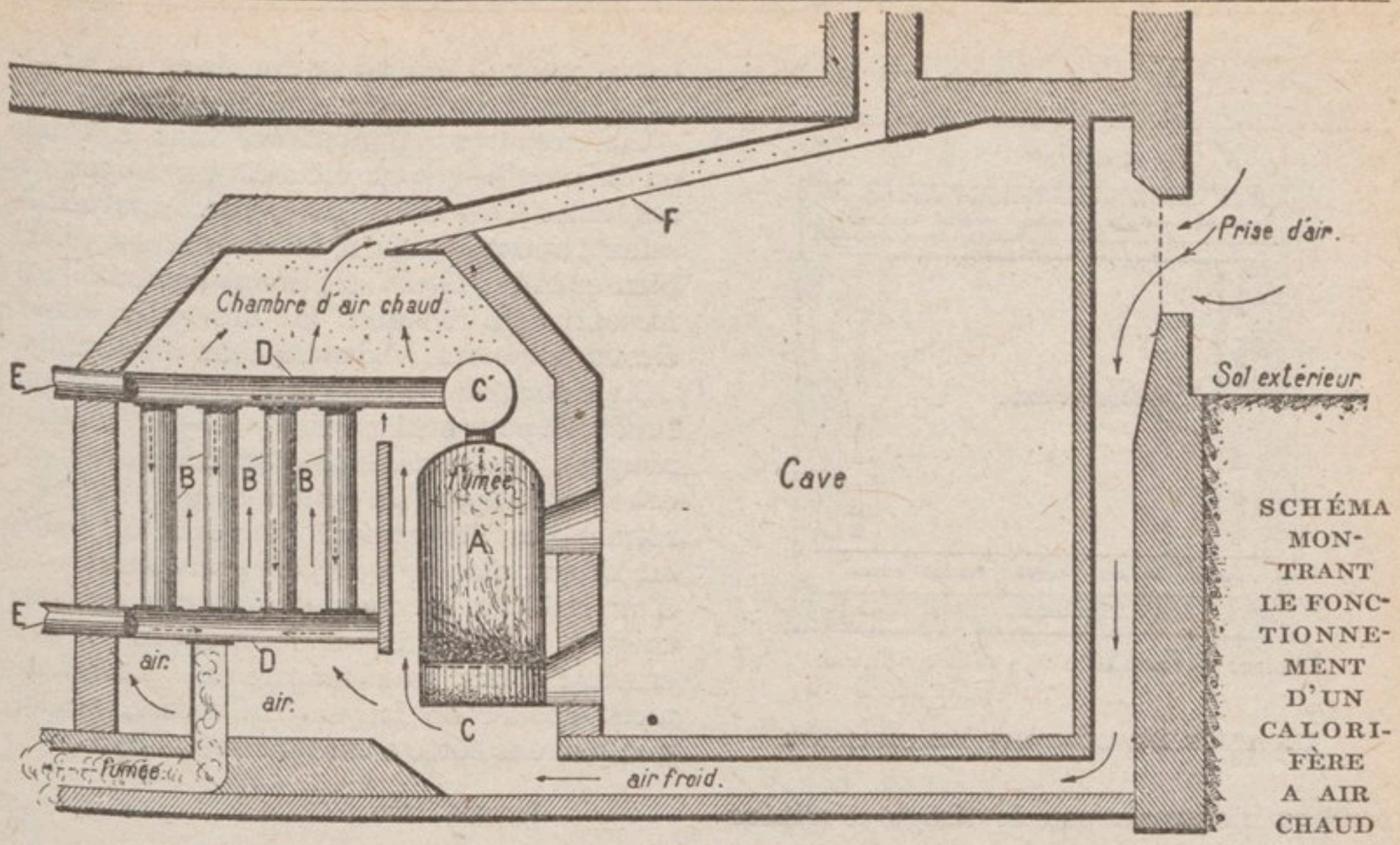


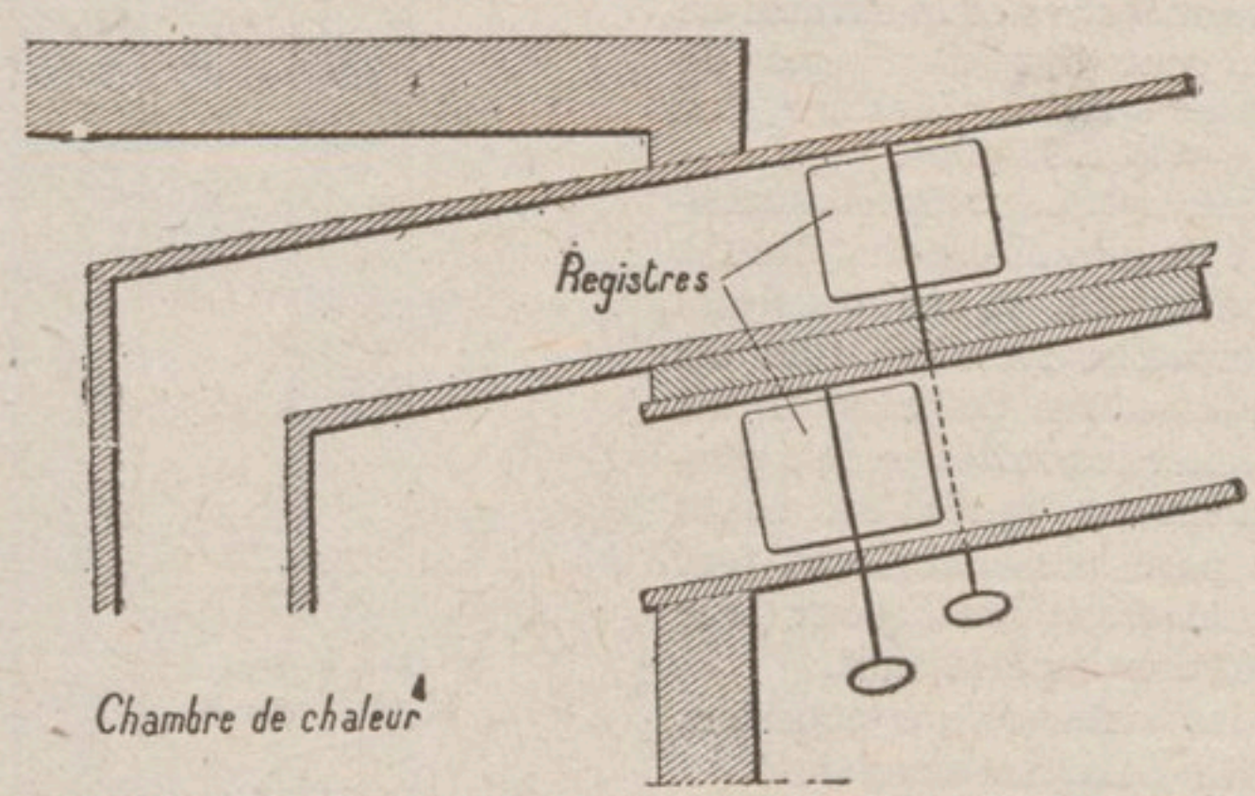
SCHÉMA MONTRANT LE FONCTIONNEMENT D'UN CALORIFÈRE A AIR CHAUD

A, *foyer et cloche;* C, *cendrier;* C', *collecteur;* D D, *collecteurs;* B B B, *surface de chauffe;* E E, *tampons de ramonage;* F, *conduit destiné à distribuer l'air chaud dans la maison d'habitation*

surface de chauffe et, circulant ordinairement en sens inverse de la fumée, vient s'accumuler dans la *chambre de chaleur*, située à la partie haute de l'enveloppe de maçonnerie. Sur cette chambre se trouvent branchés les conduits en poterie enduite de plâtre, soutenus par des fers plats et à cornière, et munis, au départ, de registres de réglage : ces tuyaux dirigent, dans les divers locaux à chauffer, l'air à haute température, qui s'y répand par les bouches de chaleur.

D'après ces principes ont été construits d'innombrables modèles de calorifères ; nous en présenterons ici quelques-uns, les « classiques ». Il est à remarquer que beaucoup de systèmes de chauffage par l'air chaud, qui eurent une grande vogue il y a quelque trente ans, ont été presque complètement abandonnés ; les appareils les plus simples mais parfaitement mis au point, sont les seuls construits de nos jours.

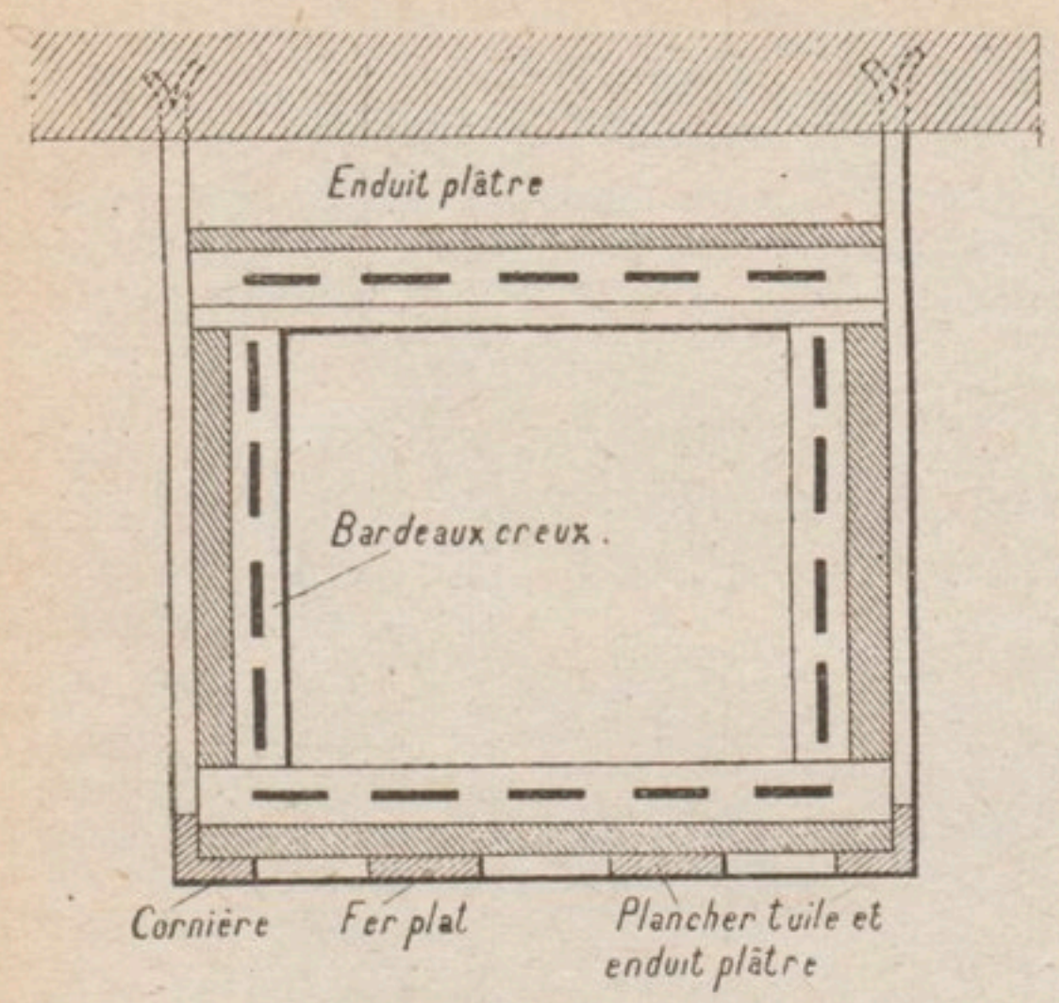
Le calorifère Haillot, l'un des premiers en date, à cloche en fonte, en trois parties, munie d'ailettes pour augmenter la surface de chauffe, et à tubes verticaux avec chambre de chauffe à double paroi pour éviter les déperditions de chaleur, se trouve encore employé assez fréquemment.



CONDUITS D'AIR CHAUD SUPERPOSÉS AU DÉPART DE LA CHAMBRE DE CHALEUR ET INCLINÉS POUR DIMINUER LES PERTES DE CHARGE

Un dérivé de cet appareil, avec d'importants perfectionnements, est actuellement très répandu et construit par la grande majorité des entrepreneurs français de fumisterie.

Entièrement en fonte, ce calorifère est muni d'une cloche de forme allongée avec une surface de chauffe en *serpentin*. Le foyer, ellipsoïde, est renforcé et le cendrier comporte un dispositif permettant d'élever plus ou moins la grille pour que l'accumulation des



UN TYPE DE CONDUIT DE CHALEUR

cendres n'entrave pas le tirage et n'interrompe pas la production de la chaleur.

Cet appareil, dont le fonctionnement donne, en général, toute satisfaction, a cependant un inconvénient commun à la plupart des calorifères à air chaud : les diverses pièces de fonte dont il est composé présentent au feu des différences sensibles dans la dilatation, ce qui amène parfois des ruptures de foyer.

C'est pour obvier à cet inconvénient que plusieurs constructeurs imaginèrent le calorifère en produits céramiques, supprimant ainsi toute partie métallique ; le foyer était établi en briques réfractaires et la surface de chauffe constituée par des empilages de poteries à emboîtages spéciaux, comme, par exemple, le type Gaillard-Haillot.

Ces appareils, sur lesquels les constructeurs avaient fondé de grands espoirs, durent être bientôt abandonnés, après quelques expériences malheureuses : malgré tous les soins mis au montage des poteries, il fut impossible d'empêcher les fuites qui se produisaient inévitablement après un court service ; d'autre part, ces calorifères, fort longs à chauffer, nécessitaient, pour leur conduite, un chauffeur expérimenté.

A l'époque où les « fines » ou poussiers de charbon ou de coke se vendaient encore à des prix très bas, les ingénieurs et constructeurs d'appareils de chauffage cherchèrent à utiliser ces combustibles économiques pour le chauffage central. Ils réussirent bientôt à établir des foyers en terre réfractaire pour les « fines » de houilles maigres (type Michel Perret) et en tôle garnie de blocs réfractaires pour l'utilisation des fines de charbons gras (type Bœringer-Robin-Bang).

De nombreux immeubles, tant à Paris qu'en province, sont chauffés au moyen de ces calorifères dont les possesseurs réalisaient, avant la guerre, de réelles économies, bien que les « fines » des divers combustibles fussent déjà vendues à des prix assez élevés, comparativement à ceux d'autrefois.

Le calorifère Michel-Perret, le premier qui fut établi pour brûler des « fines » de charbons maigres, des poussières d'anthracite ou de coke, se compose de quatre étages de dalles réfractaires, légèrement convexes du côté du tirage, placées « en échelons » au-dessus d'un cendrier. Les parois du foyer sont en briques réfractaires et le tout se trouve enfermé dans une maçonnerie suffisamment épaisse de briques ordinaires, soutenue par une forte armature métallique.

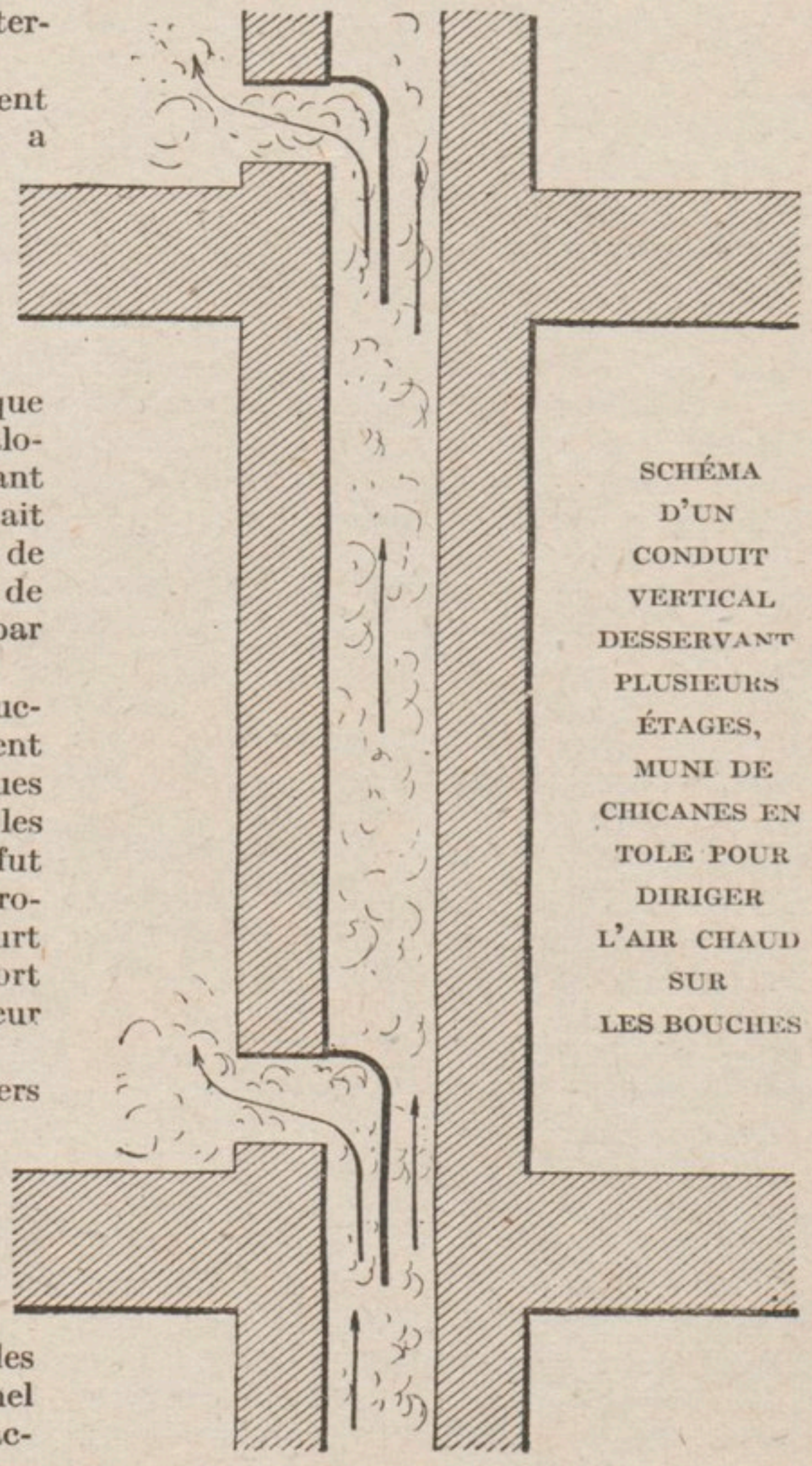
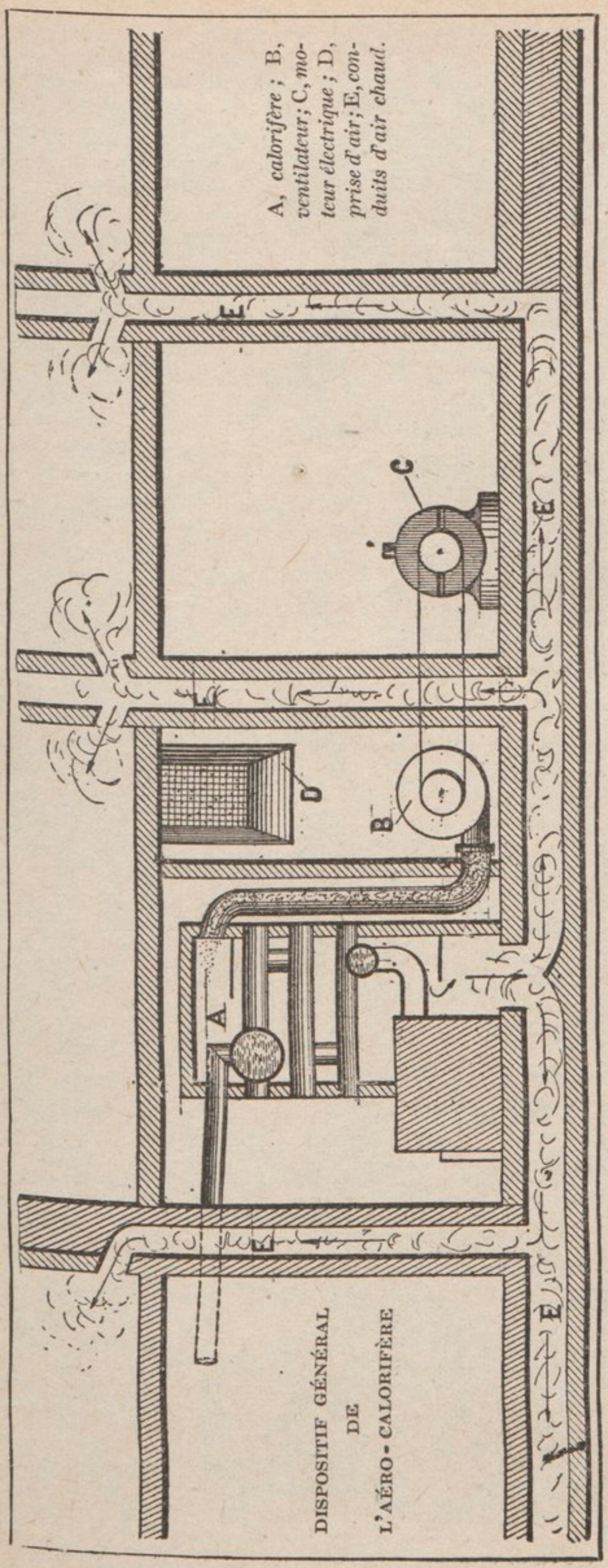


SCHÉMA D'UN CONDUIT VERTICAL DESSERVANT PLUSIEURS ÉTAGES, MUNI DE CHICANES EN TOLE POUR DIRIGER L'AIR CHAUD SUR LES BOUCHES



En dehors du foyer que nous venons de décrire, les organes de cet appareil ne diffèrent pas de ceux des autres calorifères.

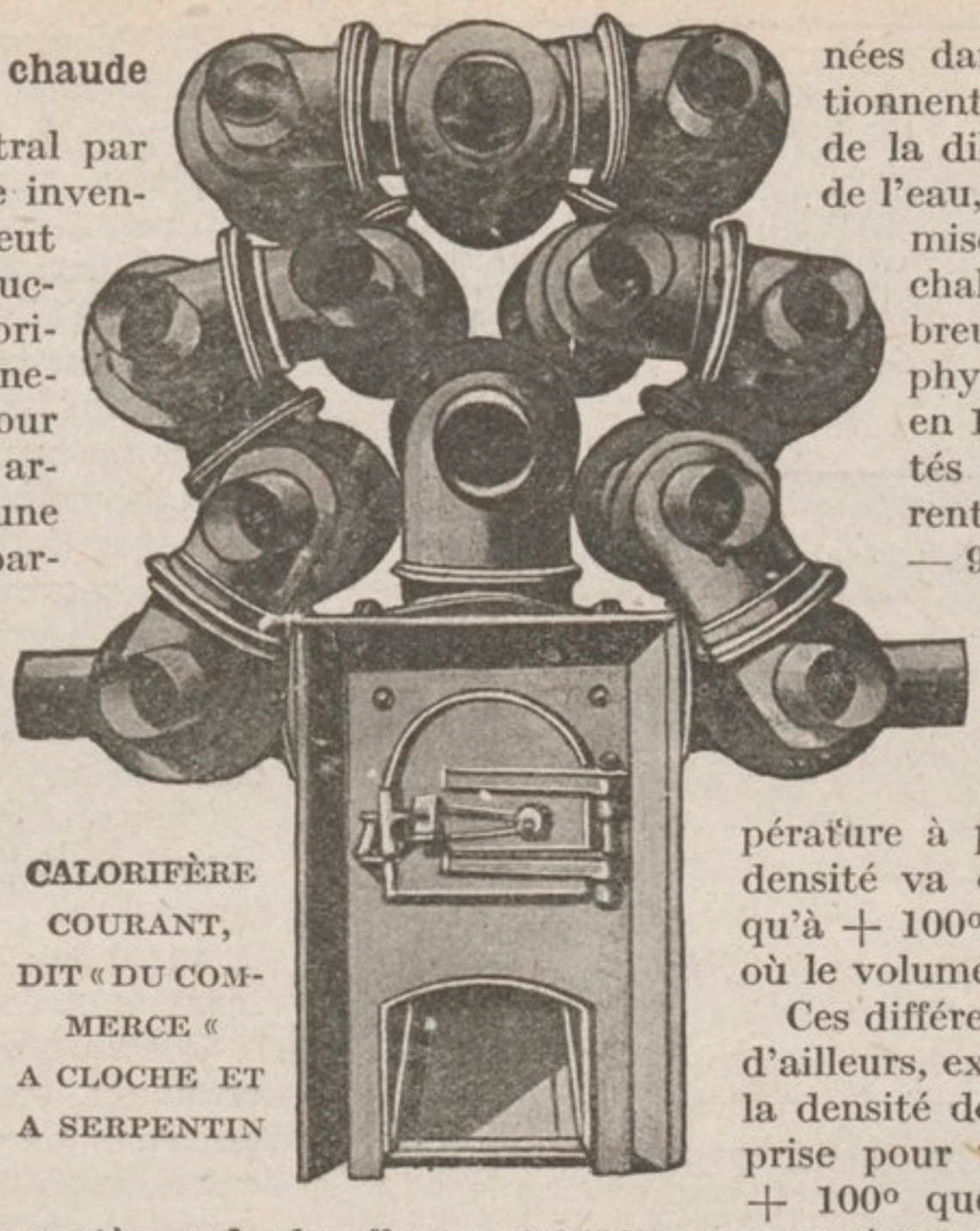
L'entretien et la conduite de ces foyers demande un soin tout particulier ; l'allumage se pratique en faisant, sur la grille et les étages, un feu de bois qui doit porter la masse au rouge : on étend ensuite le combustible sur toute la largeur des dalles où il s'allume et brûle progressivement, celui de la dalle inférieure étant consumé le premier. Il faut alors, à l'aide d'un « râble » faire descendre les poussières d'une dalle supérieure. La marche se règle par le tirage. Un chauffeur expérimenté et surtout très attentif peut conduire son feu de manière à n'opérer les chargements que de dix en dix heures.

Quelques constructeurs ont, récemment, tenté de perfectionner, au point de vue de l'hygiène, le calorifère à air chaud auquel on reproche ordinairement de dessécher exagérément l'atmosphère des locaux, dont il élève la température. Ces appareils, comme le calorifère Gurney-Robin, à vaste surface de chauffe, conservent à l'air son degré hygrométrique normal en le faisant passer dans un « saturateur » chargé d'eau, dont l'évaporation se produit très lentement.

Aéro-calorifères. — Lorsque les locaux à chauffer sont trop vastes ou lorsqu'il s'agit d'envoyer l'air chaud dans des pièces éloignées du foyer, il arrive fréquemment que le courant devienne insuffisant pour amener une température normale. Dans ce cas, les constructeurs sont obligés de recourir à des moyens mécaniques pour augmenter la pression de l'air, en le refoulant dans la « chambre d'air chaud ». On obtient ce résultat au moyen d'un ventilateur de puissance appropriée, mû généralement par un moteur électrique. L'appareil complet constitue alors ce que l'on appelle un aéro-calorifère. Ce mode de chauffage est rarement employé dans les maisons d'habitation : il sert ordinairement pour les salles de réunion, de spectacle, et certains locaux industriels.

Chauffage par eau chaude

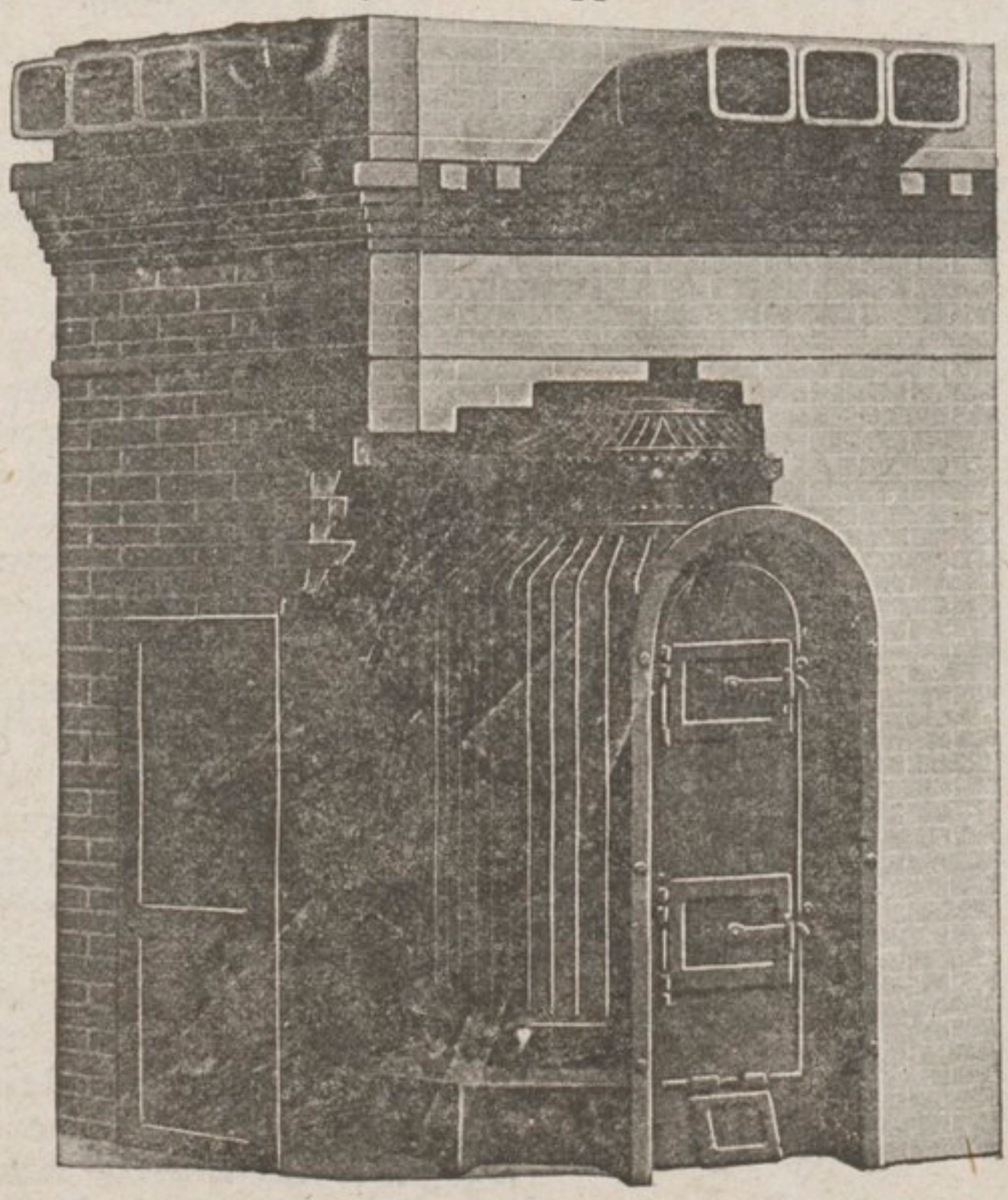
Le chauffage central par l'eau chaude, est une invention française qui n'eut tout d'abord aucun succès dans son pays d'origine. En 1777, Bonnemain construisit pour chauffer un couvoir artificiel, composé d'une chambre à six compartiments, un véritable calorifère à eau chaude, avec vase d'expansion à l'air libre et régulateur automatique modérant l'admission des gaz dans le foyer. Quarante ans plus tard, alors que ses expériences étaient complètement tombées dans l'oubli, le marquis de Chabannes imagina plusieurs systèmes de chauffage par l'eau qu'il fit fonctionner dans quelques maisons d'habitation. Malheureusement, à l'époque, aucun constructeur français ne porta d'intérêt à ses travaux qui, par contre, attirèrent l'attention des étrangers. En 1831, les frères Price, de Bristol, prirent, dans les principaux pays d'Europe, des brevets d'invention pour des appareils en tous points semblables à ceux de Bonnemain et du marquis de Chabannes.



CALORIFÈRE COURANT, DIT « DU COMMERCE » A CLOCHE ET A SERPENTIN

Tous les calorifères à eau chaude, dont le type initial est le thermosiphon ou « chauffage d'eau chaude à grand volume », employé depuis de longues années dans les serres, fonctionnent en vertu du principe de la dilatation progressive de l'eau, lorsqu'elle est soumise à l'action de la chaleur. Après de nombreuses expériences, le physicien Desprez put, en 1839, fixer les densités de l'eau aux différentes températures : de — 9° à + 4°, température où le volume de l'eau se trouvant minimum, la densité est maximum ; puis, de + 4°, température à partir de laquelle la densité va en diminuant, jusqu'à + 100°, point d'ébullition où le volume de l'eau augmente.

Ces différences de densité sont, d'ailleurs, extrêmement faibles : la densité de l'eau à + 4° étant prise pour unité, elle n'est, à + 100° que de 0,95863, soit 0,04137 pour un écart de 96 degrés. Elles suffisent cependant pour établir une circulation régulière dans les canalisations et appareils de radiation des calorifères à eau chaude où le liquide ne peut dépasser la température de l'ébullition, puisque la circulation s'opère en circuit ouvert à l'air libre. Pratiquement, cette température n'atteindra pas + 100°, et il faudra, pour maintenir dans les locaux une chaleur convenable, employer des surfaces de chauffe assez développées qui limiteront forcément la vitesse de la circulation.



CALORIFÈRE GURNEY (MONTAGE DAVÈNE ET ROBIN)

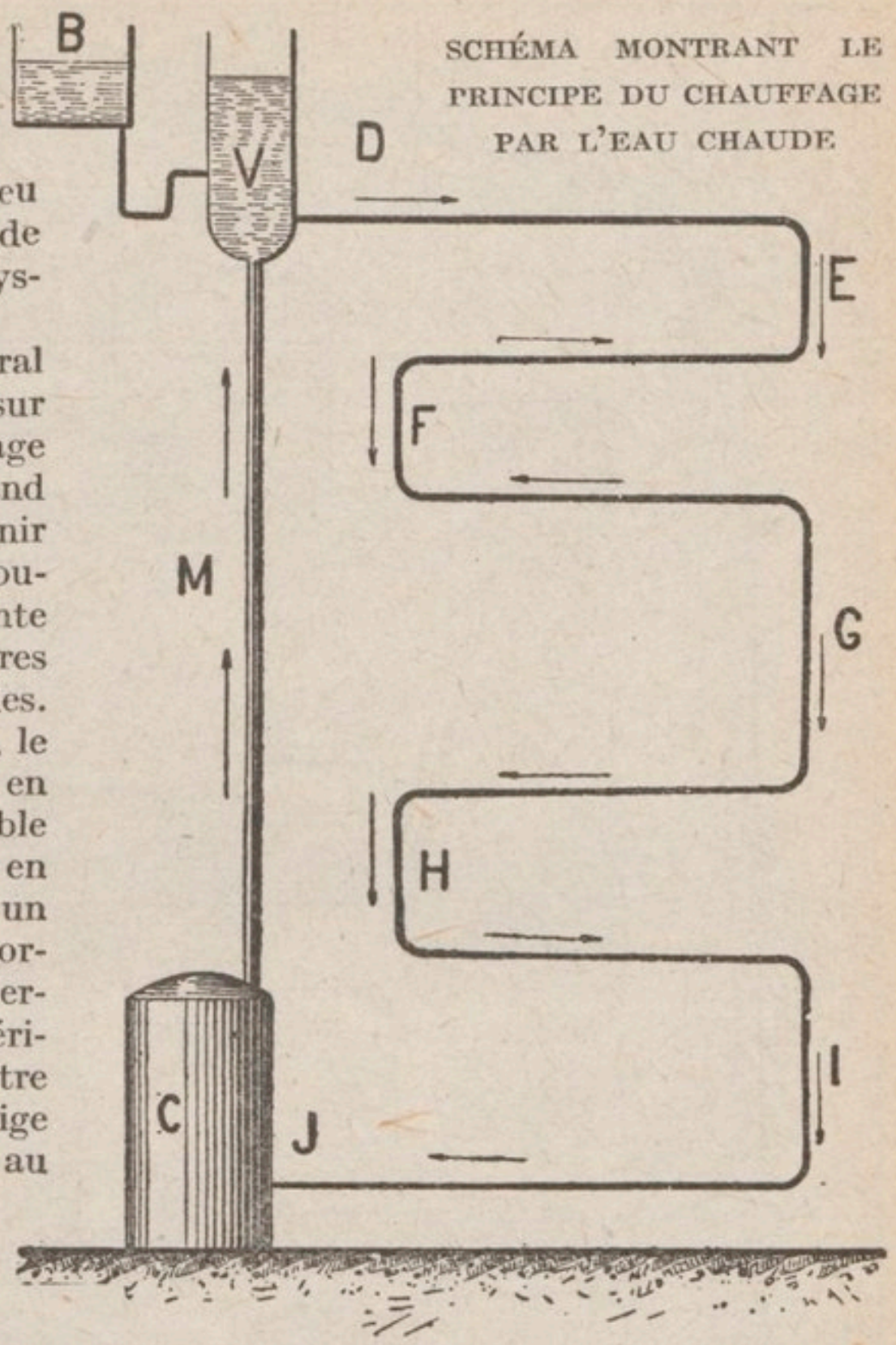
Malgré cet inconvénient, le chauffage central par l'eau chaude, dont le

schéma ci-contre fait comprendre le fonctionnement, jouit actuellement d'une grande faveur, les constructeurs étant parvenus à créer des chaudières n'offrant aucun danger, que l'on peut conduire à peu près sans surveillance, et des appareils de radiation facilement réglables dans le système à basse ou moyenne pression.

Toutes les chaudières de chauffage central sont munies d'un régulateur qui agit sur l'arrivée d'air au foyer, modérant le tirage ou même le fermant complètement quand la température de l'eau qu'on veut maintenir est atteinte. La plupart de ces appareils courants sont basés sur la pression constante des vapeurs saturées, pour des températures constantes ou sur la dilatation des liquides.

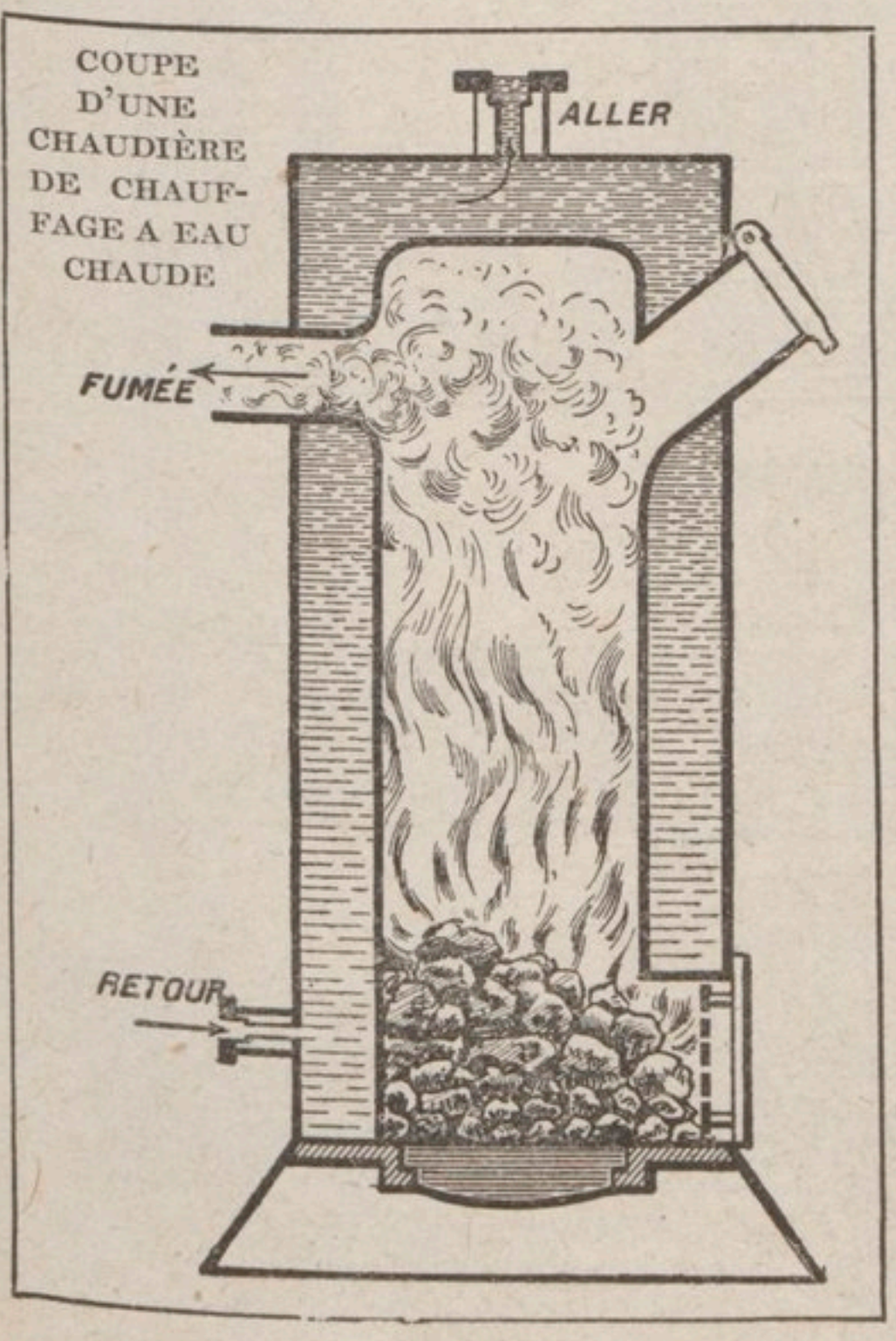
Voici l'un des plus simples de ce genre, le régulateur Heintz. Il se compose d'un tube en métal écroui, rempli d'un liquide dilatable à basse température. Ce tube, recourbé en arc, est maintenu à froid en position par un ressort à boudin. Une extrémité est raccordée à un tube fermé, muni d'un écrou permettant de le visser sur un circuit en dérivation de la tuyauterie d'eau chaude. L'autre extrémité est libre et raccordée par une tige à un levier, qui agit sur l'arrivée d'air au cendrier par l'intermédiaire d'une chaîne réglable. A froid, la position du tube est telle que le registre d'entrée d'air est ouvert en grand. Si la température de l'eau s'élève, elle se communique au liquide contenu dans le tube en métal écroui, lequel se déforme, tendant à s'ouvrir, tire sur le ressort et fait agir la tige et le levier. L'arrivée d'air se ferme sous le cendrier.

SCHÉMA MONTRANT LE PRINCIPE DU CHAUFFAGE PAR L'EAU CHAUDE



Les flèches indiquent le mouvement de l'eau dans les canalisations. — C, *chaudière;* M, *tube de montée;* V, *vase d'expansion;* B, *bâche à flotteur;* D, E, F,G, H, I, J, *tube de retour à la chaudière.*

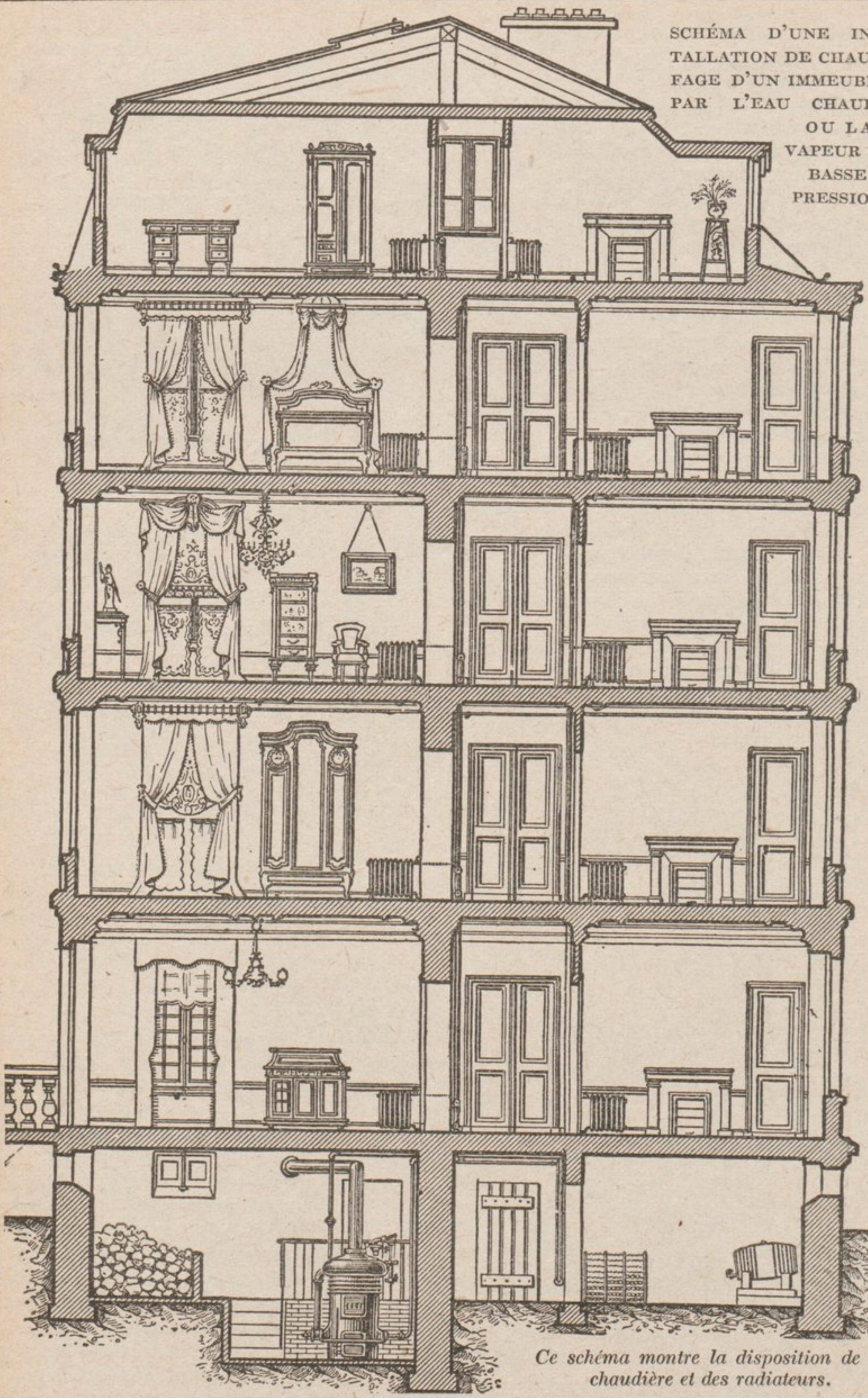
COUPE D'UNE CHAUDIÈRE DE CHAUFFAGE A EAU CHAUDE



Les chaudières. — Suivant l'importance des installations, les chaudières de chauffage à eau chaude se construisent en tôle rivée ou soudée à l'autogène ; on emploie aussi des générateurs en fonte qui peuvent également servir pour le chauffage à la vapeur. Pour éviter les déperditions de chaleur, les constructeurs entourent la chaudière d'un massif très solide en maçonnerie de briques.

La chaudière de chauffage central la plus répandue est composée, en principe, de deux enveloppes de tôle entre lesquelles circule la masse d'eau qui entoure complètement le foyer. Deux tubulures sont placées en haut et en bas de l'appareil pour l'aller et le retour. (Voir la figure schématique au bas de la page).

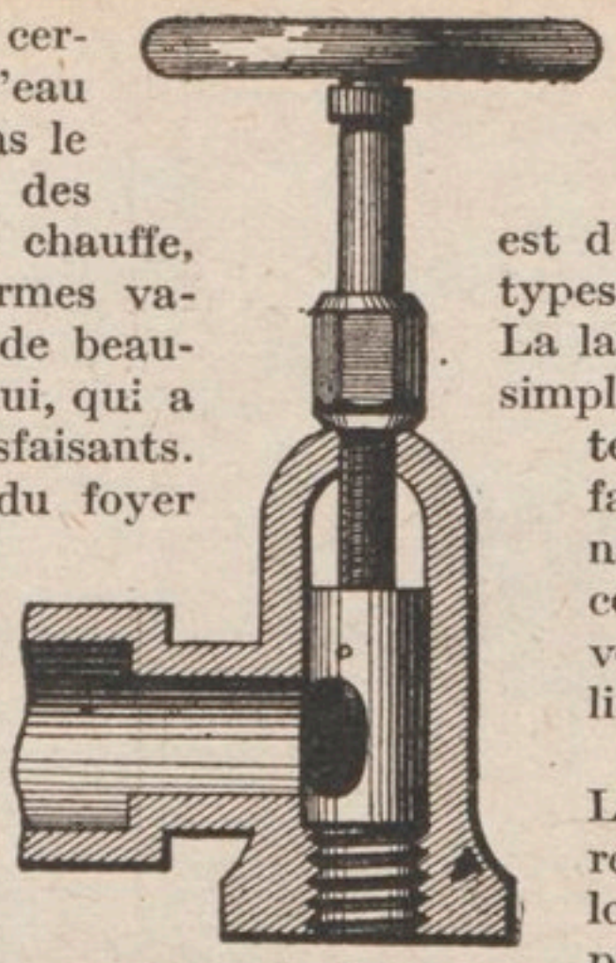
SCHÉMA D'UNE INSTALLATION DE CHAUFFAGE D'UN IMMEUBLE PAR L'EAU CHAUDE OU LA VAPEUR A BASSE PRESSION



Ce schéma montre la disposition de la chaudière et des radiateurs.

Dans les installations d'une certaine importance où la masse d'eau à chauffer est considérable et dans le chauffage à vapeur, on emploie des chaudières à grande surface de chauffe, tubulaires ou à serpentins, de formes variées. C'est ce dernier système, de beaucoup le plus employé aujourd'hui, qui a donné les résultats les plus satisfaisants.

Une intéressante application du foyer Michel-Perret, dont nous avons donné la description à propos du chauffage à air chaud, a été faite au chauffage par l'eau chaude et la vapeur. dans la chaudière Perkins-Grasset, permettant de brûler sans l'adjonction d'un ventilateur, dont l'usage présente parfois des inconvénients relativement graves pour les grilles et les tubes, les « fines » ou poussiers de charbon et de coke.



ROBINET AMÉRICAIN « QUART DE TOUR » A BOISSEAU CREUX

Les surfaces chauffantes. — Les surfaces chauffantes sont constituées par les tuyaux de circulation traversant un certain nombre de fois les pièces à chauffer, par des serpentins de fer ou de fonte, munis ou non d'ailettes, enfin, par des « radiateurs » de fonte, formés d'éléments indépendants, maintenus les uns contre les autres par des vis de pression et des joints faits au minium ou au blanc de céruse. Le radiateur de fonte vertical dont on augmente les éléments suivant le cube de la pièce à chauffer est d'une hauteur qui, suivant les types, varie de 0 m. 45 à 1 m. 25. La largeur diffère suivant qu'il est simple, double ou triple. Le radiateur, souvent ornementé d'une façon très artistique, a été aménagé pour divers usages secondaires ; c'est ainsi que l'on voit des radiateurs chauffe-linge, chauffe-assiettes, etc.

Les robinets de réglage. — Les robinets employés pour régler la température dans les locaux chauffés, en interrompant la circulation de l'eau dans les radiateurs, sont fabriqués en de nombreux modèles différant les uns des autres par leur mode d'obturation des conduites. Ils se présentent, pour le public, sous deux formes principales : une tige filetée sortant d'un écrou de bronze, terminée par un petit volant à garniture isolante, ou bien une manette

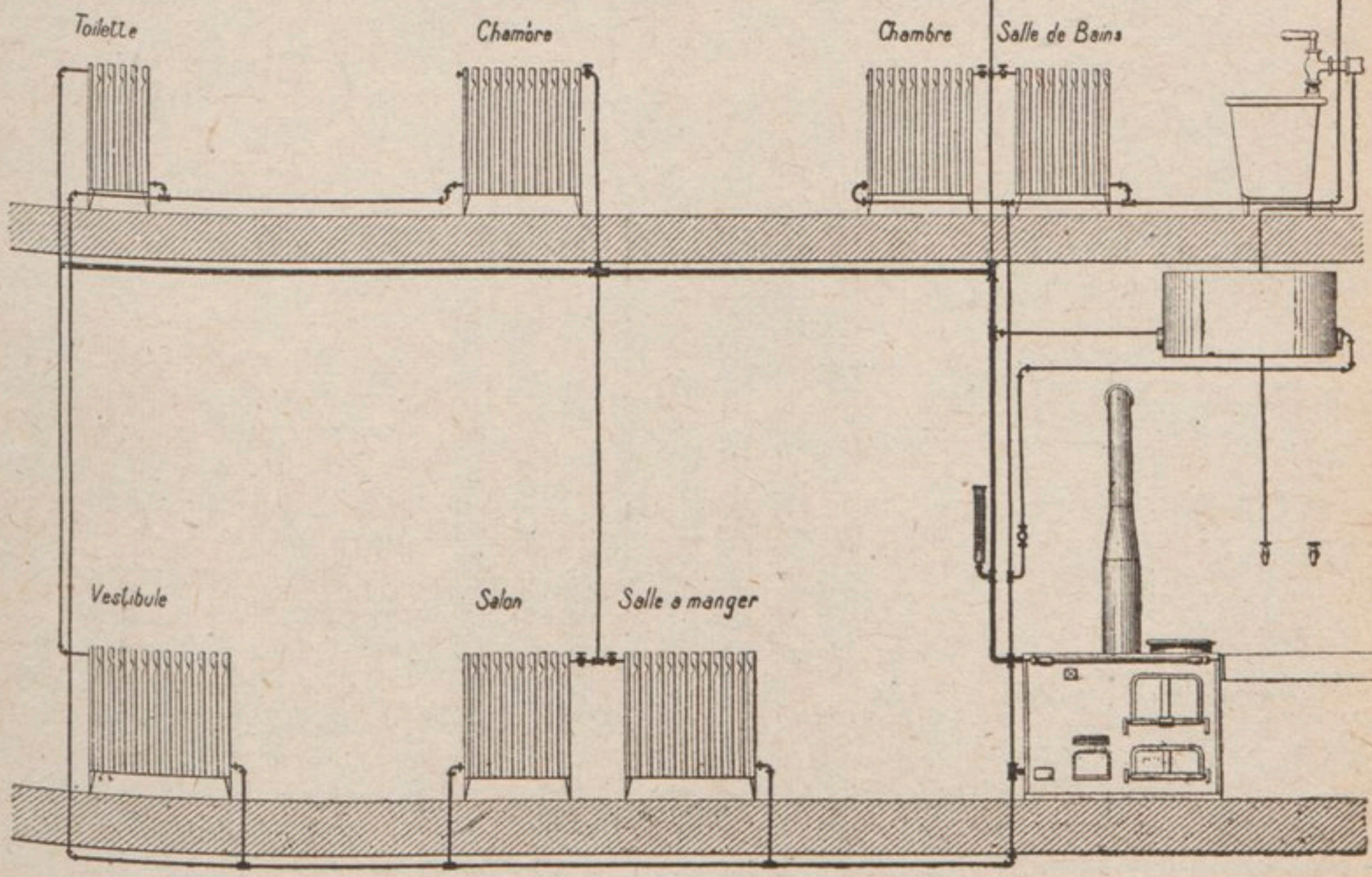


SCHÉMA D'INSTALLATION DE CHAUFFAGE CENTRAL D'UNE VILLA, AVEC SERVICE D'EAU CHAUDE, PAR FOURNEAU DE CUISINE (SYSTÈME DAVÈNE ET ROBIN).

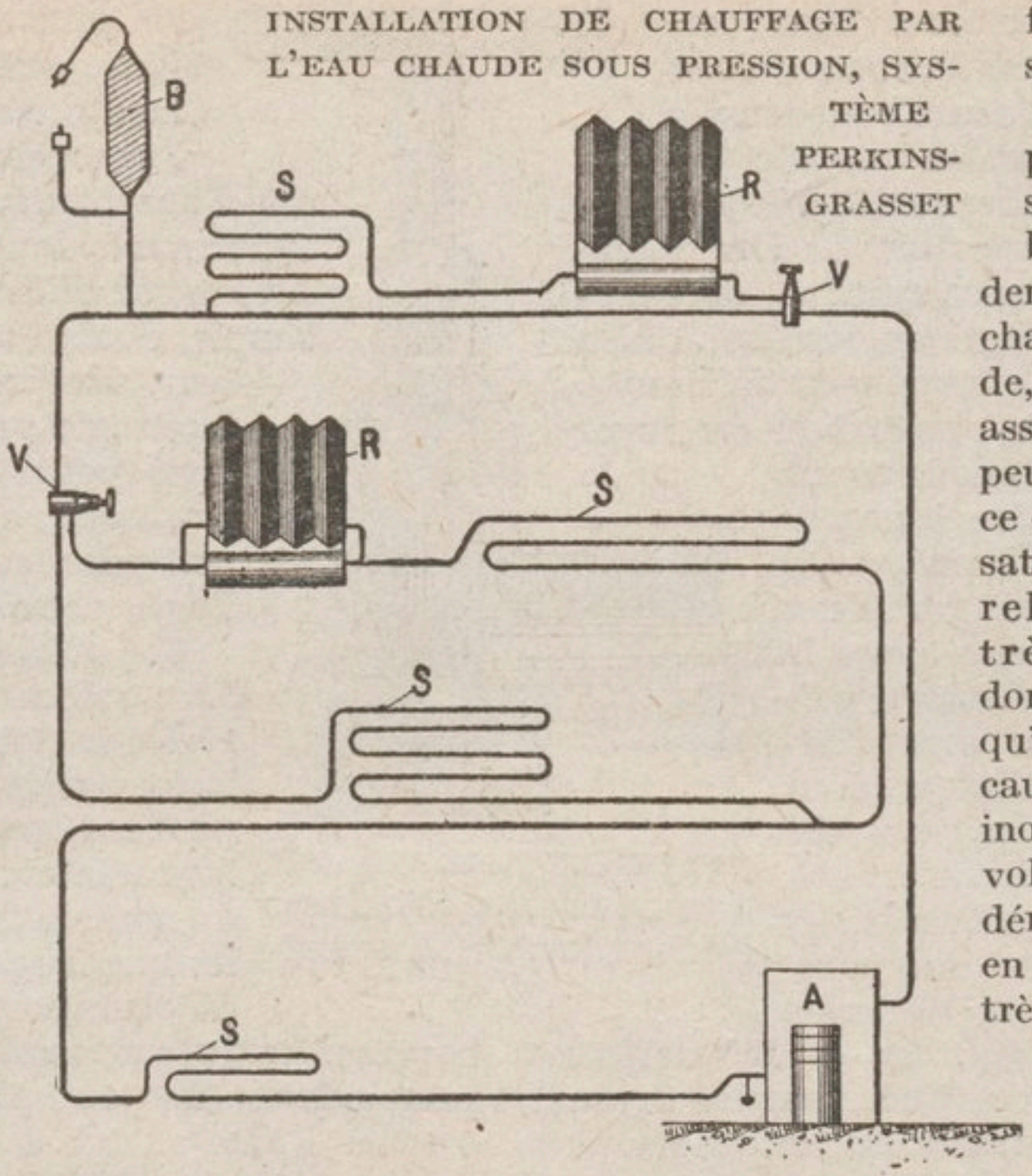
métallique à poignée de bois dur portant un index qui se déplace sur un cadran portant des inscriptions telles que celles-ci : « chaud », « froid », « fermé » ou « ouvert ».

Les chauffages « économiques ». — Les conditions de basse température dans lesquelles fonctionne le chauffage par l'eau chaude ont permis d'en faire des applications particulièrement économiques : un certain nombre de constructeurs ont réalisé, de la façon la plus heureuse, des installations fonctionnant, même dans certains cas, avec distribution d'eau chaude pour les besoins domestiques, au moyen du foyer du fourneau de cuisine spécialement aménagé. Pour répondre aux besoins du ménage, on a prévu l'emploi d'un foyer d'hiver, de grande capacité pour le chauffage de la chaudière, et d'un foyer d'été, plus petit, que l'on substitue facilement à l'autre quand il s'agit de se servir seulement du fourneau en tant que « cuisinière ».

Il est à remarquer que le fourneau de cuisine peut également servir au chauffage par l'eau chaude sous pression et la vapeur à basse pression dont nous parlerons un peu plus loin.

Le chauffage par l'eau chaude sous pression

Les avantages de sécurité, de régularité et d'économie qui ont valu son succès au chauffage par l'eau chaude, ne peuvent cependant faire oublier certains de ses défauts : ceux-ci ne sont pas à négliger.



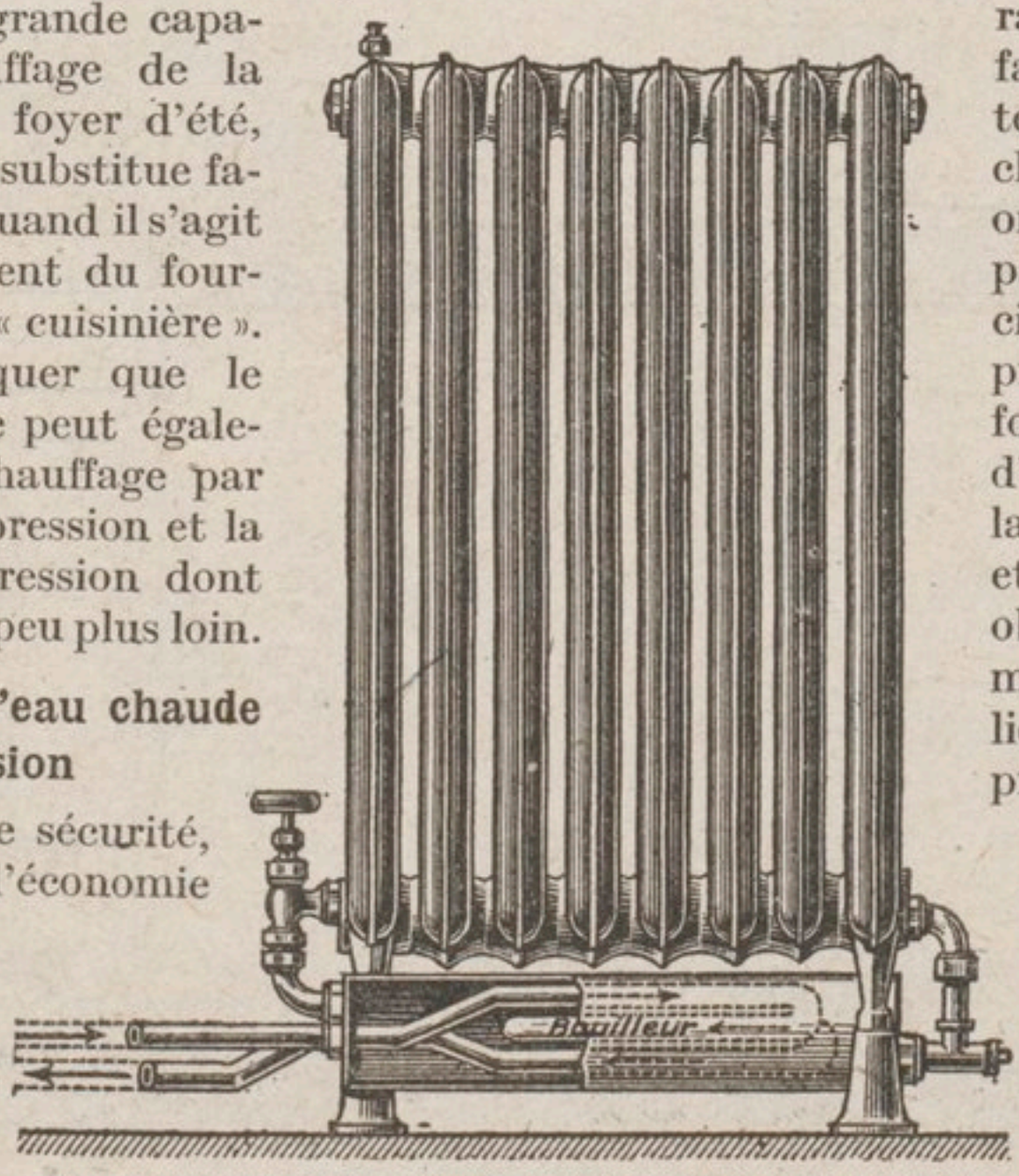
INSTALLATION DE CHAUFFAGE PAR L'EAU CHAUDE SOUS PRESSION, SYSTÈME PERKINS-GRASSET

A, *générateur* ; B, *vase d'expansion fermé* ; S, *surfaces de chauffe diverses dans le local ou l'appartement* ; R, *radiateurs à bouteille* ; V, *robinets-vannes*.

La circulation produite dans ce système par la faible différence de densité entre l'eau chaude et l'eau froide, est nécessairement assez lente : on ne peut employer, dans ce cas, que des canalisations de diamètres relativement gros, très encombrantes, dont les fuites, lorsqu'elles se produisent, causent de véritables inondations. Enfin, le volume d'eau considérable qui se trouve en circulation rend très lentes les variations de température : un radiateur fermé continue à chauffer tant que le liquide qu'il contient n'est pas assez refroidi.

Les constructeurs ont donc cherché à réaliser des appareils de chauffage fonctionnant avec un faible volume d'eau, des canalisations de petit diamètre et un dispositif de radiateurs permettant de faire varier rapidement la température des locaux à chauffer. Divers procédés ont été employés pour parvenir à ce but : la circulation mécanique, provoquée par une pompe fonctionnant par le moyen d'un moteur quelconque, la pression de la vapeur et la circulation accélérée obtenue par émulsion, ou mélange de la vapeur au liquide, procédés mis en pratique avec plus ou moins de succès par MM. Chiboust, Reck, Hermelle, Brucker...

Les meilleurs résultats ont été obtenus avec les appareils à eau chaude sous pression, dans lesquels la capacité intérieure ne com-



RADIATEUR INDIRECT A BOUTEILLE DU SYSTÈME PERKINS-GRASSET

munique pas avec l'extérieur : l'appareil travaille donc à volume constant, ce qui a pour effet de faire monter la pression quand le chauffage est en marche normale ; il se produit alors une certaine quantité de vapeur qui, loin d'être une cause de perturbation comme dans le système ordinaire d'eau chaude, est, au contraire la cause immédiate de ses avantages, puissance de circulation, facilité d'installation et économie de combustible.

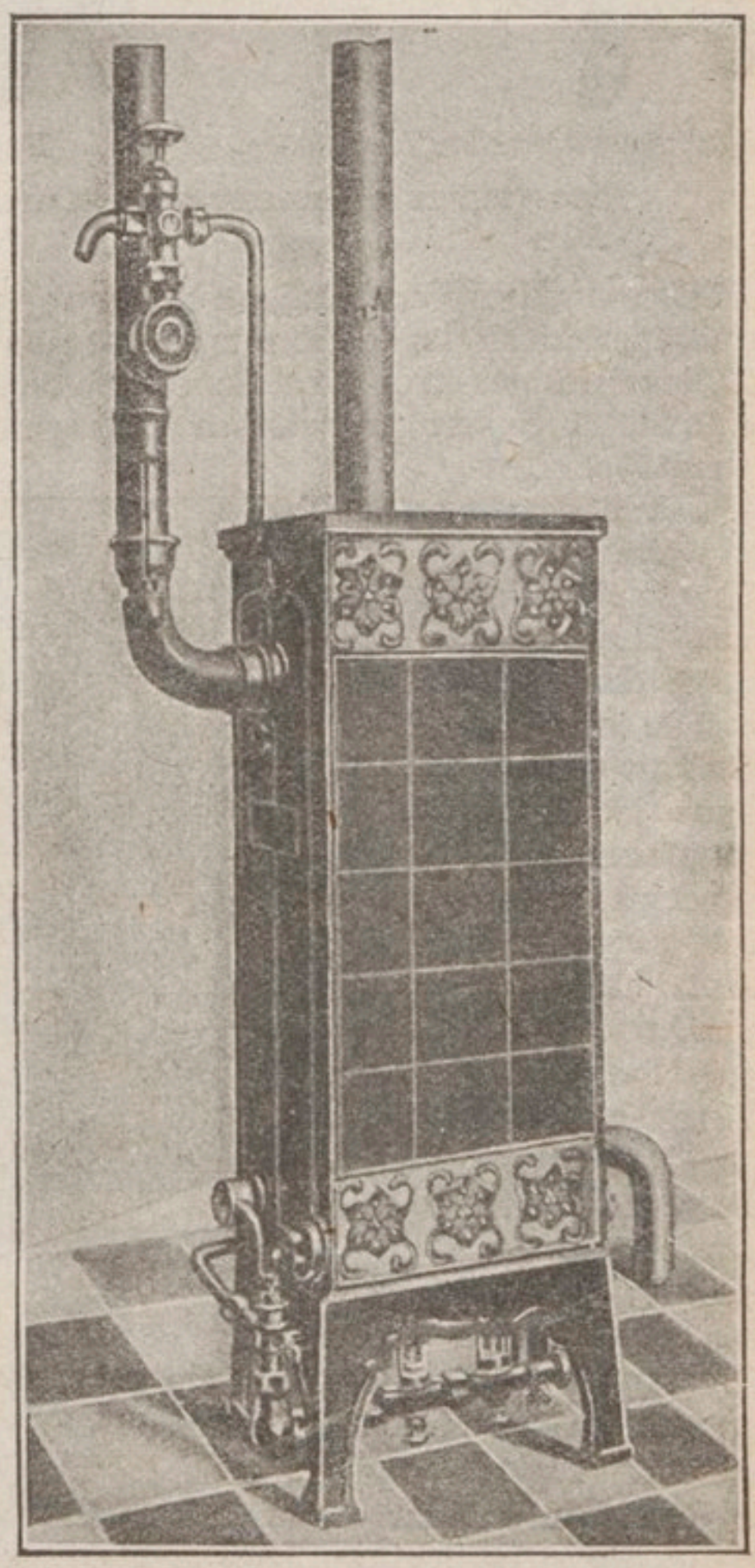
CHAUDIÈRE VERTICALE POUR LES INSTALLATIONS D'EAU CHAUDE OU A VAPEUR NE DÉPASSANT PAS 55.000 CALORIES

Le chauffage par l'eau chaude sous pression est constitué par un circuit sans fin de tubes en fer ou en acier d'un diamètre extérieur de 27 millimètres et de 15 millimètres de diamètre intérieur, ce qui lui a fait donner le nom de *microsiphon*. La chaudière est supprimée, et remplacée simplement par une partie plus ou moins longue du circuit enroulée en forme de serpentins, placée directement à l'intérieur du foyer dont la forme diffère suivant les idées personnelles des constructeurs.

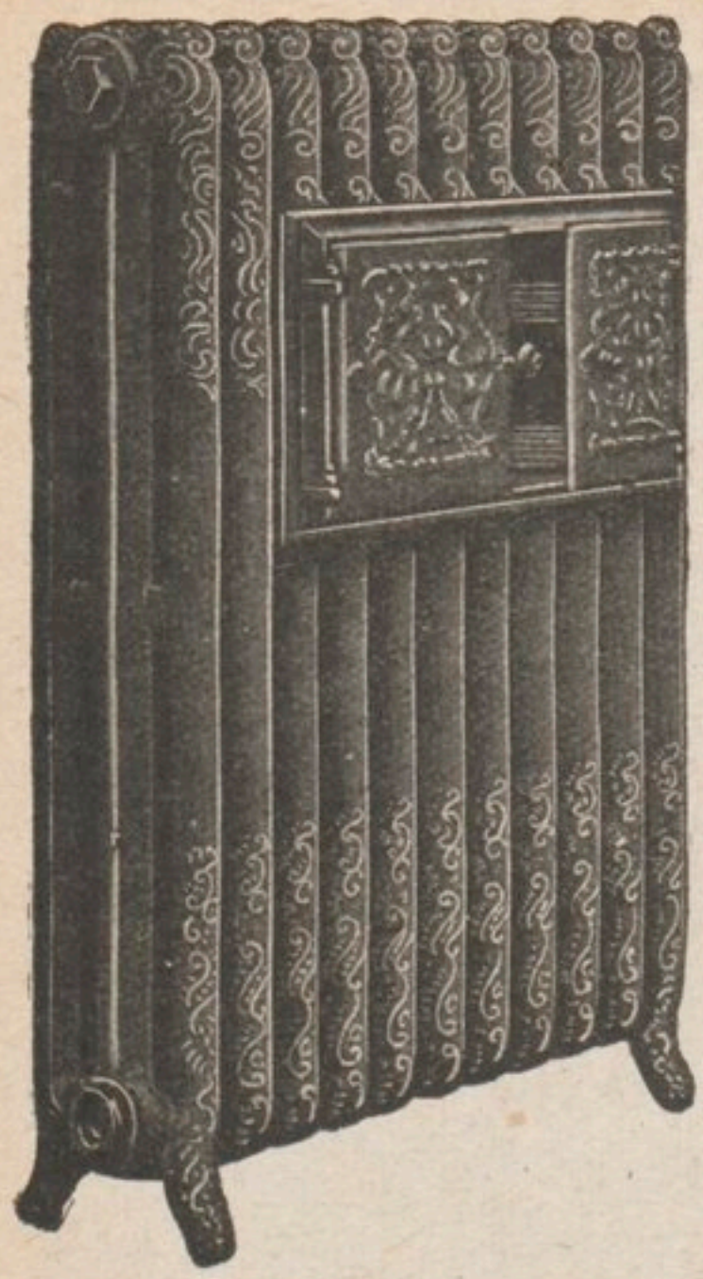
Une bouteille de fer forgé, ou vase d'expansion fermé contient de l'air qui, en raison de sa compressibilité, permet la dilatation de l'eau. Le fonctionnement de l'appareil s'opère très simplement de la manière suivante :

L'eau s'échauffe, augmente de volume et commence à circuler dans les tuyaux. La quantité d'eau qu'ils contiennent étant très petite, elle ne tarde pas à se transformer en vapeur qui comprime l'air du vase d'expansion. La pression monte : la charge motrice n'est plus alors en fonction de la différence de densité de deux colonnes d'eau de températures différentes, mais d'une émulsion d'eau et de vapeur dont la densité varie depuis celle de l'eau jusqu'à celle de la vapeur, de sorte que la circulation est infiniment plus rapide et que l'on peut — ceci est très important pour l'application pratique — se dispenser d'observer les pentes dans le sens de la circulation, même aller à contre-pente, et chauffer avec une grande partie des surfaces de chauffe en contre-bas du foyer, etc... Cette grande souplesse d'installation permet d'appliquer le chauffage à l'eau chaude sous pression quand la disposition tourmentée ou irrégulière des locaux ne permet pas l'installation des autres systèmes. Une disposition spéciale *de réglage par colonne manométrique et d'échappement automatique de la vapeur* au cas où la pression dépasserait pratiquement 300 % par centimètre carré, met l'appareil à l'abri de tout accident. Les fuites éventuelles sont insignifiantes, comme dans le chauffage à vapeur à basse pression, et au pis aller, ce qui pourrait arriver de plus grave, serait un « coup de feu » qui mettrait momentanément hors d'usage une certaine longueur du serpentin du générateur.

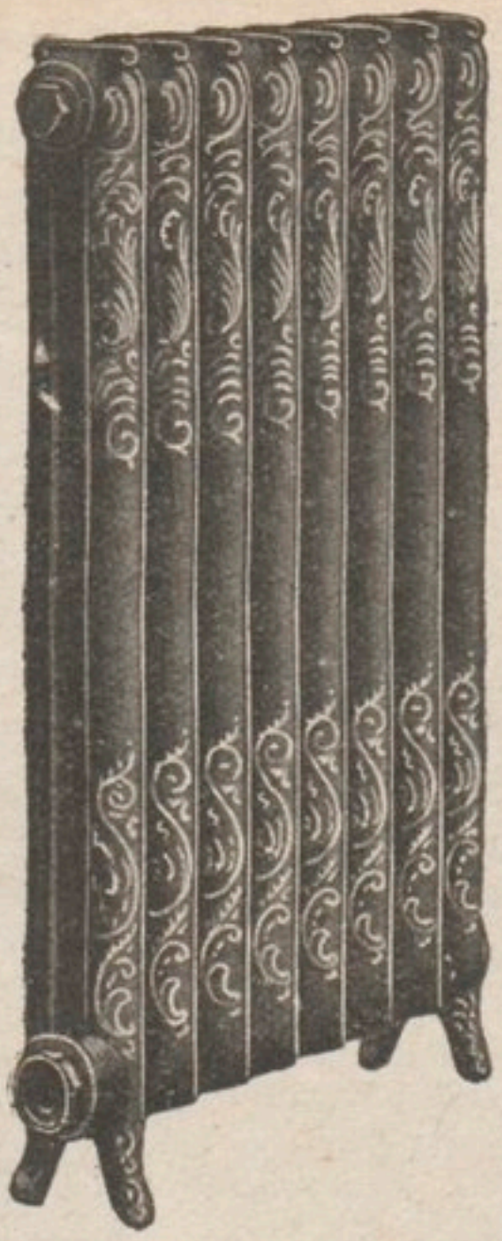
Le système de chauffage à l'eau chaude sous pression qui tient à la fois du chauffage



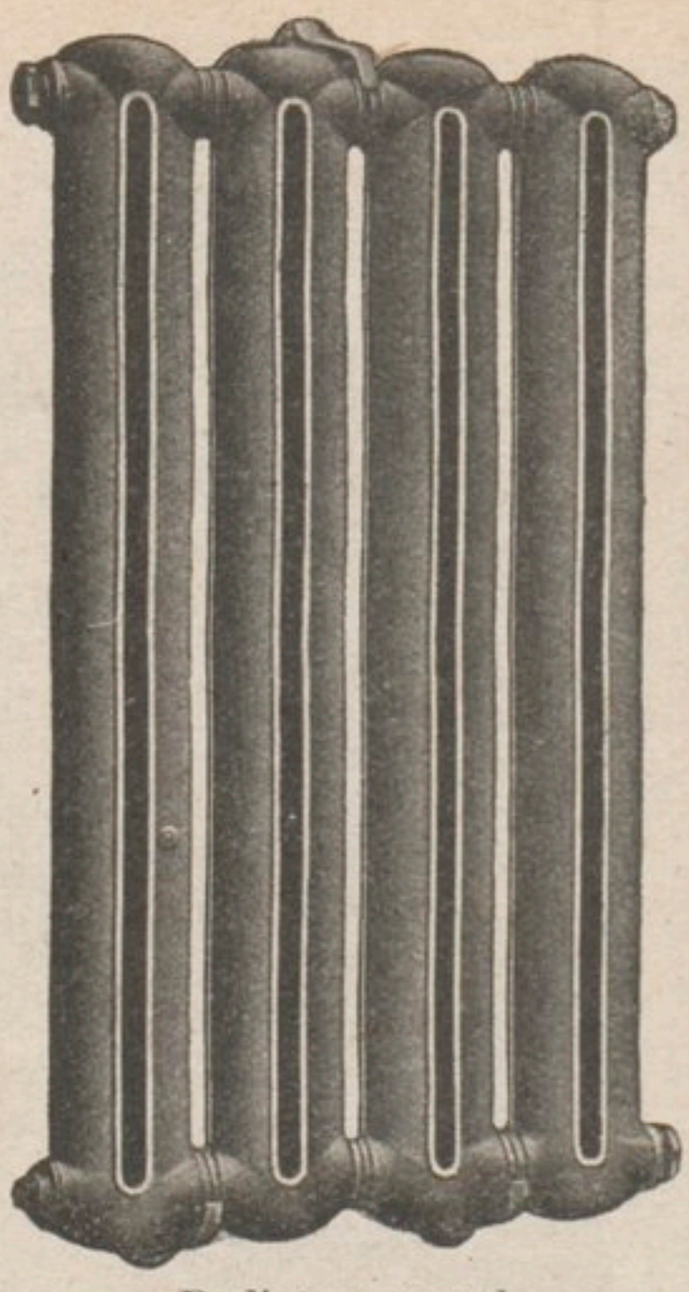
CHAUDIÈRE A GAZ D'ÉCLAIRAGE DE VILLE POUR CHAUFFAGE INTERMITTENT



Radiateur avec chauffe-assiettes.



Radiateur simple.



Radiateur mural.

TROIS TYPES DE RADIATEURS EMPLOYÉS POUR LE CHAUFFAGE A EAU CHAUDE

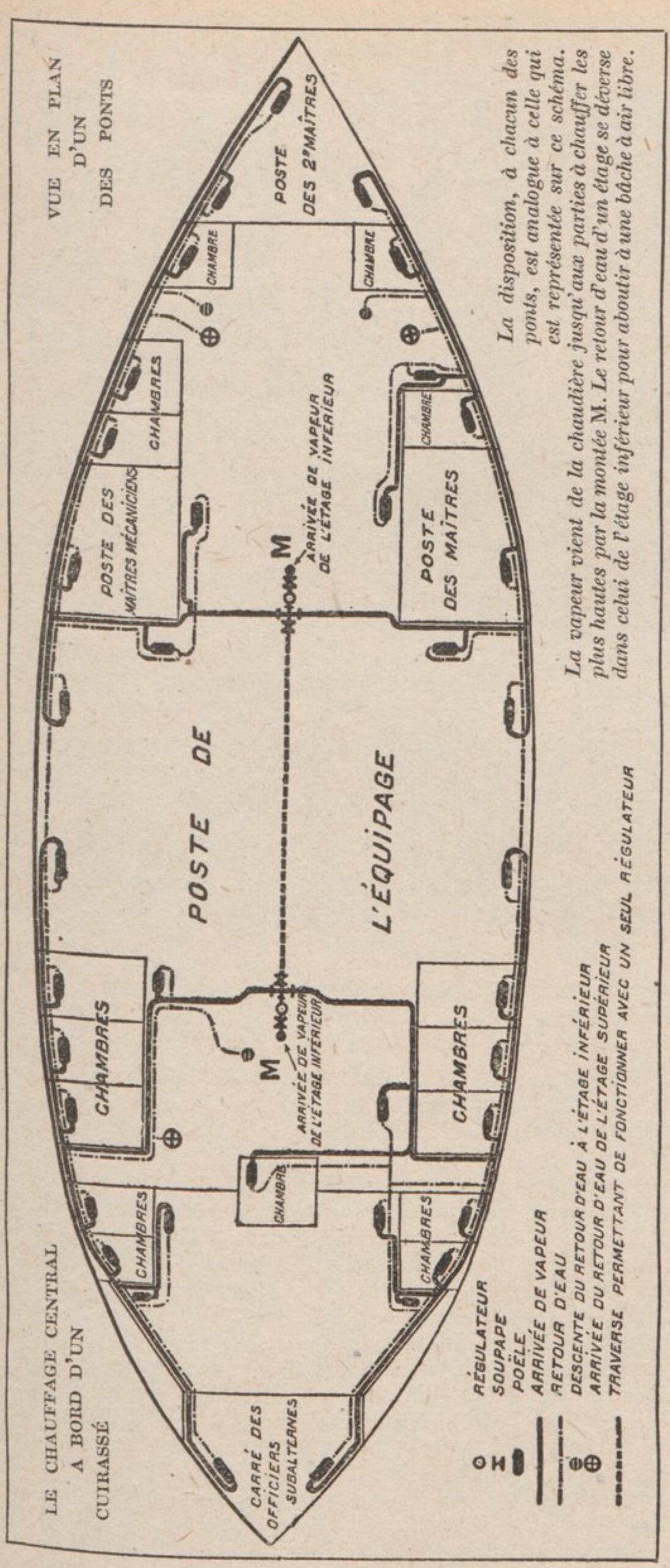
à l'eau chaude et du chauffage à vapeur, produit la chaleur douce du premier et non la chaleur un peu trop brutale et rapide du second, la vapeur produite se mélangeant aussitôt condensée, à l'eau de la circulation. Une application fort ingénieuse de ce chauffage est le système Perkins-Grasset dans lequel sa souplesse et ses diverses qualités physiques sont utilisées :

D'abord au moyen d'un robinet-vanne, supprimant entièrement et sans danger les inconvénients des anciens systèmes avec lesquels on ne pouvait régler le débit de chaleur dans les différentes pièces d'une habitation. Les constructeurs établissent, dans chaque local, un long et court circuit de tuyaux se rejoignant à l'arrière, dans une fourche de réunion, et commandé, en avant, par un robinet-vanne de dérivation qui dirige le courant d'eau chaude vers le long ou le court-circuit, de manière à utiliser une grande ou petite surface de chauffe. (Voir le schéma page 90).

RADIATEUR A AILETTES

Batterie de tubes permettant le chauffage énergique des grands locaux.

Ensuite, au moyen du chauffage indirect de l'eau contenue dans les radiateurs, en la faisant circuler dans une bouteille en tôle d'acier autour d'un serpentin branché sur le circuit (schéma page 90). Cet appareil est basé sur le principe physique d'après lequel « le coefficient de transmission de la chaleur de l'eau à travers une paroi métallique est vingt à trente fois plus fort que celui de la simple transmission directe de l'eau à l'air ».



La disposition, à chacun des ponts, est analogue à celle qui est représentée sur ce schéma. La vapeur vient de la chaudière jusqu'aux parties à chauffer les plus hautes par la montée M. Le retour d'eau d'un étage se déverse dans celui de l'étage inférieur pour aboutir à une bâche à air libre.

LE CHAUFFAGE CENTRAL A BORD D'UN CUIRASSÉ

Cette disposition permet un nouveau réglage de la chaleur ; si l'on ferme, en effet, le robinet qui fait communiquer la bouteille avec le radiateur, celle-ci seule continue à chauffer et la température se trouve modérée presque instantanément.

Comme le chauffage à eau chaude ordinaire, le chauffage sous pression peut être appliqué dans les installations d'appartement alimentées par le fourneau de cuisine. C'est un des plus économiques.

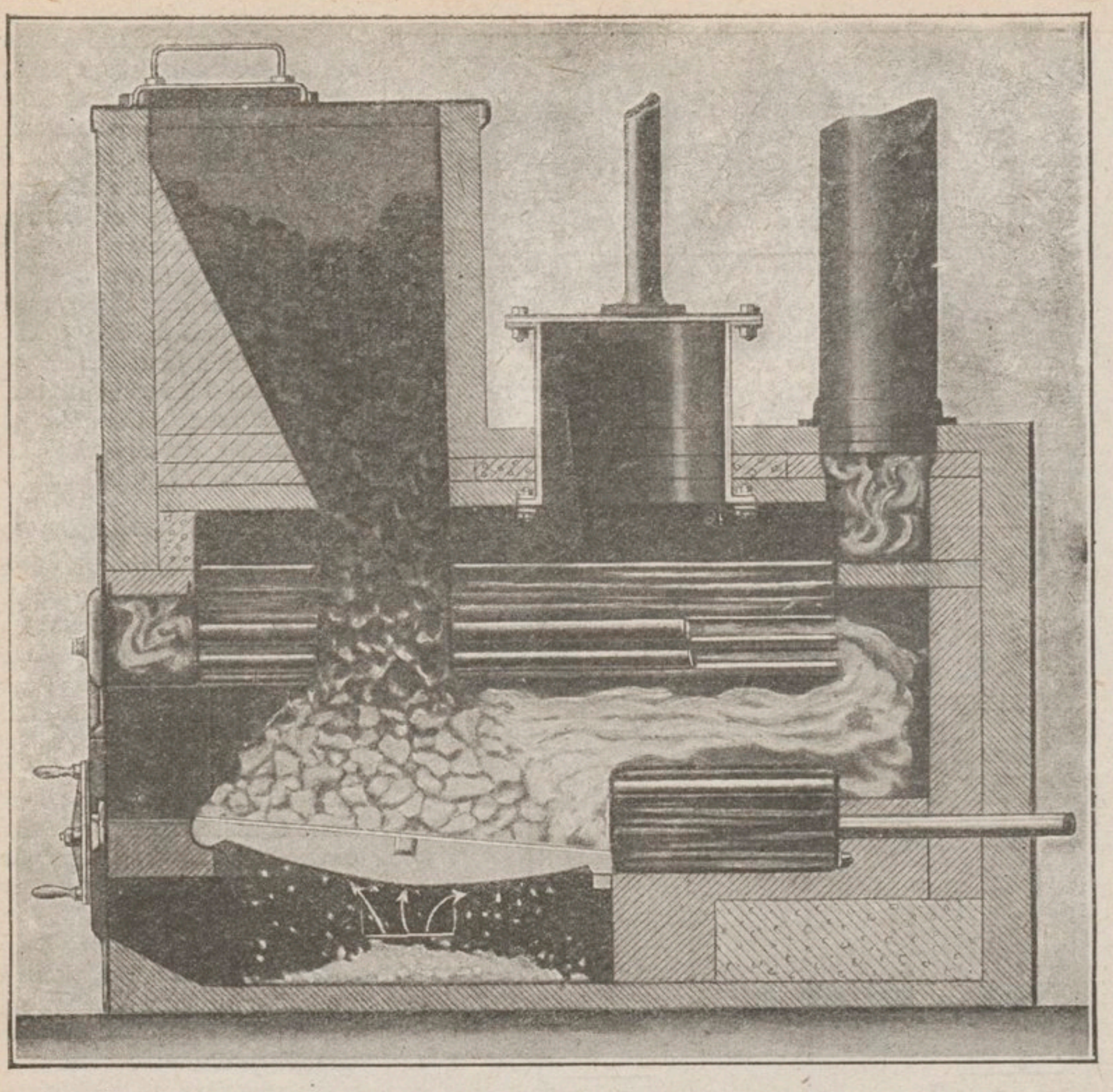
Le chauffage par la vapeur.

En raison de la grande quantité de chaleur qu'elle contient sous un faible poids, chaleur qu'elle abandonne presque entièrement en passant à l'état liquide, et de la facilité avec laquelle on peut la transporter, sans pertes exagérées de calorique, la vapeur d'eau était tout indiquée pour être employée au chauffage des habitations particulières ou des édifices publics.

L'idée de s'en servir à cet usage vint, paraît-il, pour la première fois aux Anglais qui, en 1799, l'appliquèrent au chauffage d'une filature.

La première installation de chauffage par la vapeur qui fonctionna pratiquement, mais non sans de très graves inconvénients, fut celle du palais de la Bourse de Paris, faite en 1828, sur l'avis d'une commission composée de Darcet, Gay-Lussac et Thénard.

Vapeur à basse pression. — Le seul système de chauffage par la vapeur employé couramment aujourd'hui est le système à basse pression. Ses appareils présentent une grande analogie avec ceux qui servent au chauffage à l'eau chaude. Les chaudières, souvent un peu plus puissantes, sont munies de soupapes de sûreté, indicateurs de niveau, manomètres, tubes d'échappement dans l'atmosphère li-



CHAUDIÈRE TUBULAIRE HORIZONTALE POUR LES GRANDES INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE CENTRAL PAR LA VAPEUR

mitant une surpression éventuelle, prescrits par les règlements. Un régulateur automatique semblable à ceux dont nous avons déjà parlé à propos du chauffage à eau chaude, limite ou augmente l'arrivée d'air au foyer pour équilibrer constamment la production de vapeur avec la consommation effective de chaque instant. La tuyauterie, les valves, robinets à boisseau ou à pointeau, les radiateurs, ne diffèrent guère de ceux du chauffage à eau chaude. Cependant, dans l'installation de la canalisation de retour, les constructeurs ménagent une « pente » aussi rapide que possible, avec des siphons, pour éviter que l'accumulation d'eau de condensation n'obstrue les orifices de dégagement, et des « purgeurs » très accessibles, permettant de vider les tuyaux.

Le principe du fonctionnement du chauffage à vapeur à basse pression est très simple. Partant de la chaudière, la vapeur se rend dans la tuyauterie, se condense en partie en cédant sa chaleur aux radiateurs : l'eau de condensation tombant à la partie inférieure des appareils se rend dans des tubes à pentes appropriées et retourne à la chaudière.

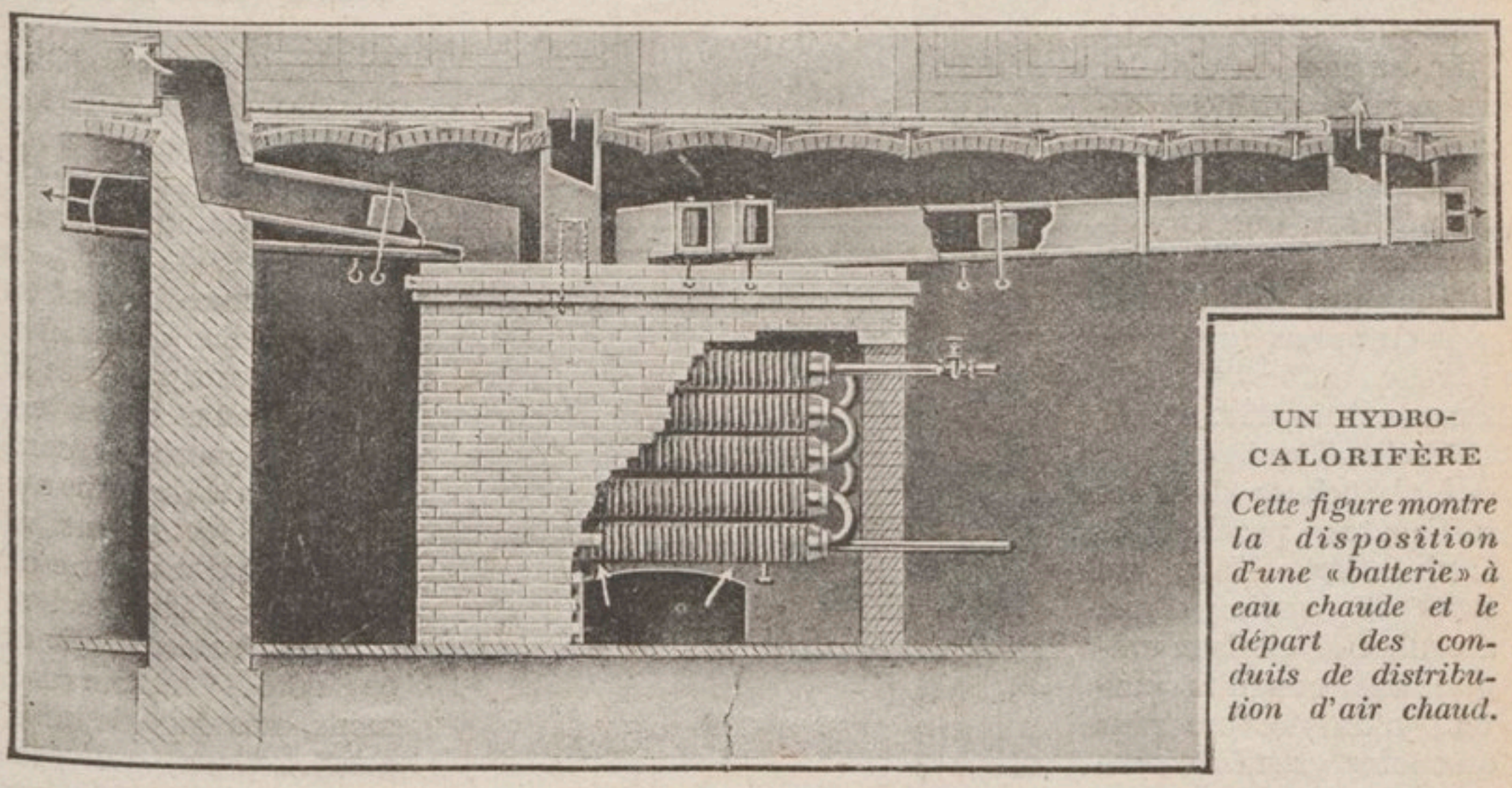
Ces conduits de retour d'eau condensée doivent être très soigneusement établis et leur pente dirigée de telle sorte que le drainage de l'eau de condensation ne provoque pas de coups de bélier en se rencontrant avec le courant de vapeur. Leur calcul est fort difficile et compliqué ; il s'est édifié, pour arriver à obtenir à coup sûr la réussite de ces installations, qui paraissent si simples à première vue, toute une science à laquelle doit s'ajouter une grande expérience de la part du constructeur et du monteur.

On peut, dans les usines, pratiquer ce mode de chauffage au moyen de la vapeur d'échappement des machines, ou même avec la vapeur prise directement à la chaudière et envoyée, après détente, cela va sans dire, aux appareils de radiation. Dans ce cas, l'eau de condensation retourne le plus souvent à la bâche d'alimentation de la machine.

Une large application du chauffage par la vapeur à basse pression est faite depuis longtemps déjà sur les grands navires de toutes nationalités et même sur un certain nombre de petits vapeurs côtiers destinés au transport des passagers. Nous donnons, à la page 93, le schéma d'une de ces intéressantes installations à bord d'un cuirassé de la flotte française du type *Condorcet*.

Sur ces navires (et sur presque tous les autres), l'ensemble de l'installation du chauffage est divisée en deux sections : l'une avant, l'autre arrière. La vapeur venant de la chaudière, qui reste en pression, même au mouillage, pour assurer sans arrêt la marche des appareils dits « auxiliaires », est amenée, après détente, par un tube vertical branché sur le collecteur, qui traverse le bâtiment dans toute sa hauteur. Des canalisations, greffées sur ce tube et commandées par un régulateur placé au centre de chaque section, distribuent la vapeur dans les « poêles » disposés pour le chauffage des divers locaux ; les surfaces de chauffe, constituées par des serpentins de cuivre de petit diamètre, munis d'ailettes du système Grouvelle et Arquembourg, sont disposées à l'air libre ou enfermées dans des enveloppes perforées, en tôle, ou en cuivre poli. Un dispositif analogue est employé dans les grands paquebots. Pour le chauffage des salons et des cabines de luxe, on y fait souvent usage du système dit « indirect », où l'air chauffé par circulation autour des conduites de vapeur, est distribué par des bouches plus ou moins bien dissimulées dans les panneaux ou le plancher.

Vapeur à haute pression. — Le chauffage par la vapeur à haute pression, qui eut autrefois une certaine vogue en Angleterre et en Allemagne, rentre actuellement dans la catégorie des chauffages industriels et n'est plus du tout employé dans les maisons d'habitation ni même dans les édifices publics.



UN HYDRO-CALORIFÈRE

Cette figure montre la disposition d'une « batterie » à eau chaude et le départ des conduits de distribution d'air chaud.

La difficulté d'installation des chaudières, qui sont nécessairement du même type que celles des machines, la nécessité d'une surveillance constante, enfin le danger d'accidents tel que celui qui se produisit en janvier 1858 à l'église Saint-Sulpice, dans lequel quatre personnes furent tuées et dix autres blessées grièvement, ont fait délaisser complètement ce mode de chauffage. Les décrets du 8 mai 1880 sur les mesures de sûreté relatives aux chaudières placées à demeure et celui du 29 juin 1886, en rendent d'ailleurs l'application courante très difficile.

Le chauffage par la vapeur à haute pression, réservé aux grandes usines, a cependant son emploi, très important, dans l'installation de séchoirs spéciaux : par exemple ceux qui servent à la dessiccation des matières explosives de toutes sortes : picrates, mélinites, fulminates, poudres pyroxylées, ou les séchoirs de produits chimiques qui exigent des températures constantes, atteignant 200 degrés; pour les étuves, etc., etc...

Cependant, la température exigée par ces appareils peut être atteinte au moyen de systèmes ne présentant pas de dangers.

Chauffage indirect.

Le chauffage indirect ou *chauffage par calorifère à eau chaude*, appelé également hydrocalorifère, supprime la présence des appareils de radiation dans les locaux à chauffer.

L'ensemble de l'installation se trouve reporté à la cave, comme dans le calorifère à air chaud, avec cette différence que l'air, au lieu de circuler autour de surfaces directement soumises à la chaleur du foyer, s'échauffe sur une tuyauterie dans laquelle s'effectue une circulation plus ou moins rapide de vapeur ou d'eau chaude. Des conduits distribuent l'air chaud qui sort par des « bouches » dans les différentes parties de l'habitation. Mais, au lieu de venir d'une chambre de chaleur unique, ces conduits partent d'un nombre plus ou moins grand de centres de chauffes appelés *batteries*, placés le plus près possible des tubes verticaux disposés pour amener l'air dans les divers locaux à chauffer.

Le système de l'hydrocalorifère permet, pour la distribution de l'air chaud à distance, l'emploi d'un ventilateur actionné mécaniquement, semblable à celui que nous avons décrit dans le chauffage par l'air chaud. Le dispositif prend alors le nom, d'ailleurs logique, d'« aéro-vapeur ».

Une variante du chauffage indirect étudiée et mise en pratique avec succès par M. Anceau, consiste, pour augmenter la vitesse de circulation d'air dans la tuyauterie, et en diminuer le diamètre, à placer les batteries constituées par des radiateurs en tubes verticaux à lames verticales placés dans des gaines que l'on ménage, soit dans les murs, soit dans des coffrages légers disposés dans les angles des pièces à chauffer. C'est un système propre et hygiénique.

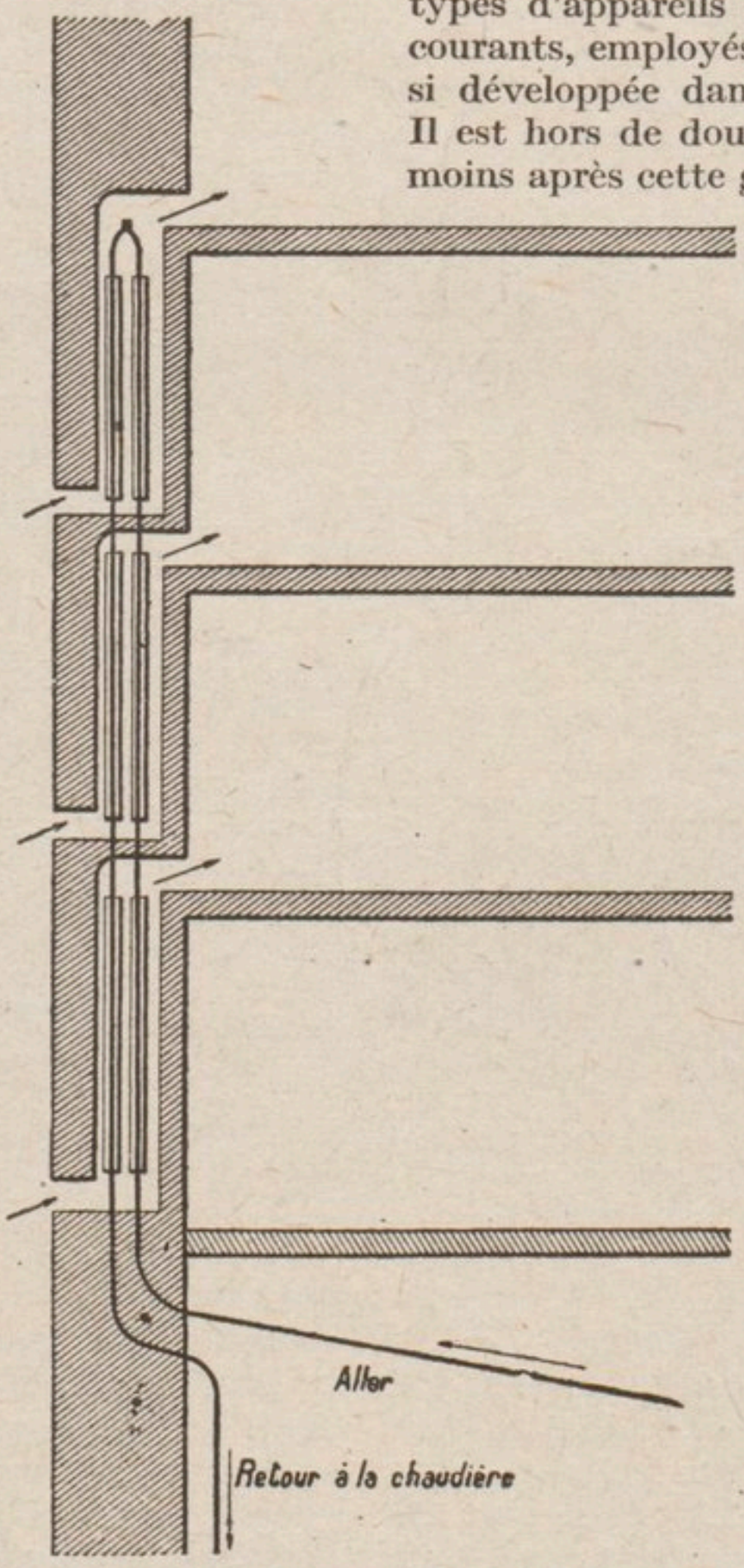


Schéma d'une installation de chauffage indirect par batteries enfermées dans des coffrages formant gaines (système Anceau).

L'avenir du chauffage central.

Nous venons d'énumérer les principaux mode de chauffage central, les principaux types d'appareils et les dispositifs les plus courants, employés dans cette industrie déjà si développée dans tous les pays civilisés. Il est hors de doute qu'elle subira, tout au moins après cette guerre, sinon très prochainement des transformations profondes; jusqu'à présent, étant donné les prix relativement bas du combustible, on s'était relativement peu préoccupé de l'économiser. Il existe, à l'heure actuelle peu d'appareils qui utilisent plus de 50 % de la puissance calorique des charbons divers. Les prix n'étant pas près de revenir aux cours anciens, l'économie du combustible va devenir une question réellement vitale pour l'industrie du chauffage. Les recherches s orientent déjà de ce côté. Malheureusement, nos ingénieurs et constructeurs, qui pensent aussi à se défendre plus tard contre la concurrence étrangère, manquent presque complètement de laboratoires : celui des Arts et Métiers, le seul qui puisse se mettre à leur disposition, est notoirement insuffisant pour permettre des recherches exactes de quelque envergure. Il est à espérer que cette lacune regrettable disparaîtra bientôt.

L'initiative privée, quelques laboratoires particuliers, les conférences créées par des sociétés d'ingénieurs et de constructeurs du chauffage « pour l'instruction mutuelle » et les échanges de recherches ont, certes, rendu déjà d'immenses services, mais ne peuvent encore donner à l'industrie nationale, à ce point de vue, tout le développement que l'on serait en droit d'en attendre légitimement.

CL. GIGON.

BIBLIOTHÈQUE DE LA GUERRE MUSÉE

LA LOCOMOTION AU GAZ PAUVRE

Par Pierre de **MONTGOLFIER**

Un congrès de l'essence s'est réuni à Marseille en vue d'étudier les produits susceptibles de remplacer l'essence et le benzol dont les propriétaires d'automobiles sont actuellement privés par suite de la réquisition des stocks existants.

On a essayé, sans grand succès, de munir les voitures automobiles de moteurs à gaz d'éclairage. Les nombreux accidents provoqués par le danger d'explosion ont forcé le gouvernement anglais à prohiber formellement la circulation de ce genre de véhicule dans toute l'étendue du Royaume-Uni.

Avant la guerre, on avait également fait de sérieux essais en vue de l'emploi de l'alcool de betterave dont le prix trop élevé a empêché la consommation de se développer. Peut-être, après la conclusion de la paix, pourra-t-on obtenir facilement de l'alcool synthétique à 0 fr. 30 le litre, alors que l'alcool de betterave coûtait presque le double.

Les sondages faits en Angleterre, dans le Midi de la France et en Algérie pour rechercher de nouvelles sources de pétrole, ne donneront sans doute pas des résultats assez brillants pour changer la face du marché de l'essence destinée aux automobiles.

Dans ces conditions, un vaste champ reste ouvert aux chercheurs qui s'ingénient à remplacer complètement l'essence par l'emploi d'autres procédés plus ou moins pratiques.

On avait eu autrefois recours au gaz pauvre pour faire marcher des camions, des embarcations et des locomobiles. Des moteurs comportant de trois à six cylindres verticaux avaient été établis dans ce but par MM. Caze, en France, et Gardner, en Angleterre.

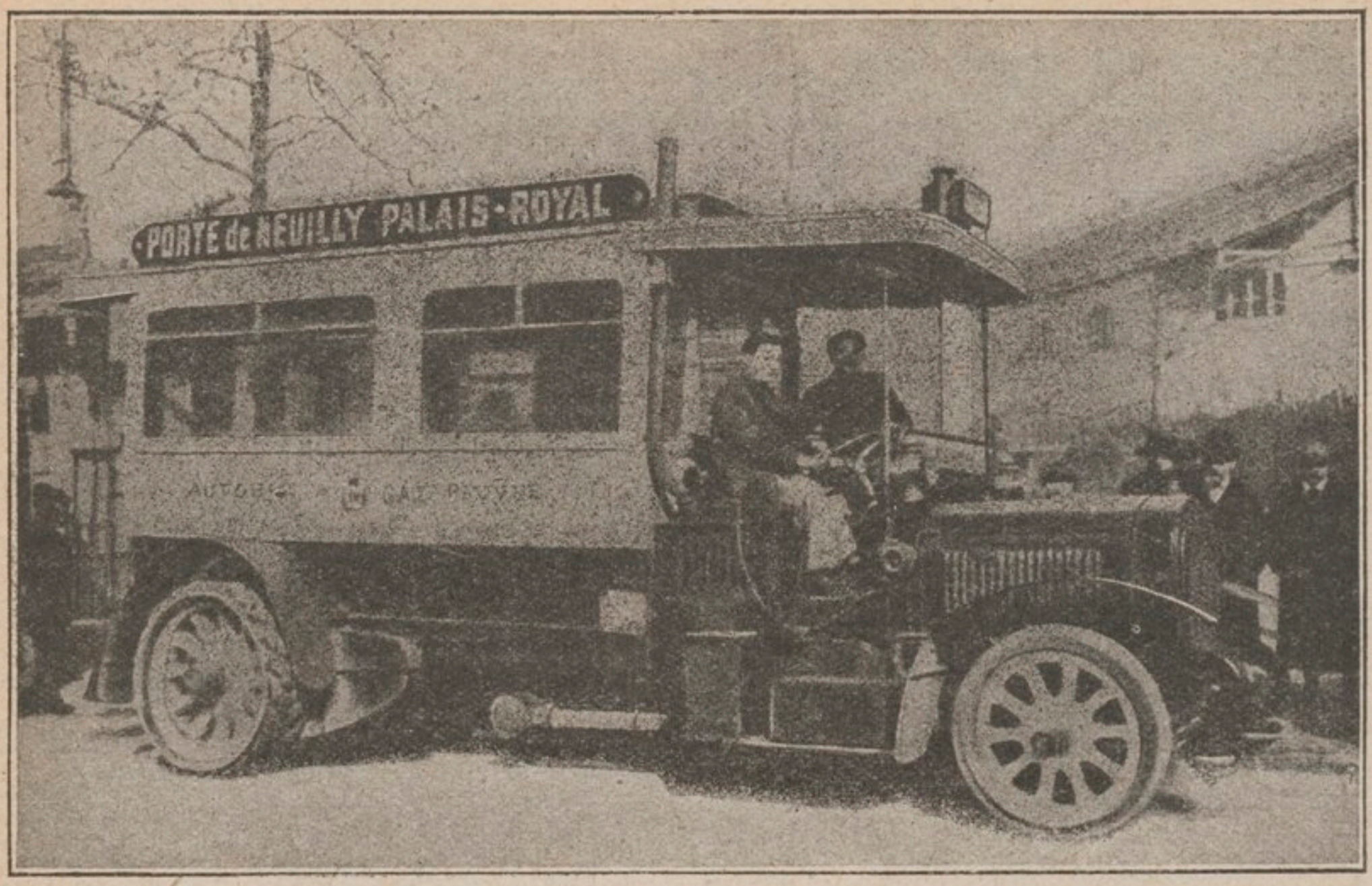
Il semble, en effet, plus pratique d'installer, à bord d'un camion ou d'un bateau automobile, un gazogène portatif produisant du gaz pauvre au lieu d'alimenter un moteur au moyen de lourds réservoirs remplis de gaz de ville ou d'hydrogène. Cette dernière méthode réduit le rayon d'action d'une automobile à 20 ou 25 kilomètres et, de plus, elle expose les occupants à un grave danger d'explosion, ou tout au moins d'incendie.

En tout cas, l'emploi du gaz pauvre semble très indiqué quand il s'agit de camions actionnés par des moteurs de 20 à 40 chevaux. L'essence peut être réservée aux voitures de tourisme pour lesquelles la question de dépense a une importance moindre, tandis que le prix de revient de la tonne kilométrique est une des principales préoccupations des propriétaires de véhicules automobiles destinés aux gros transports.

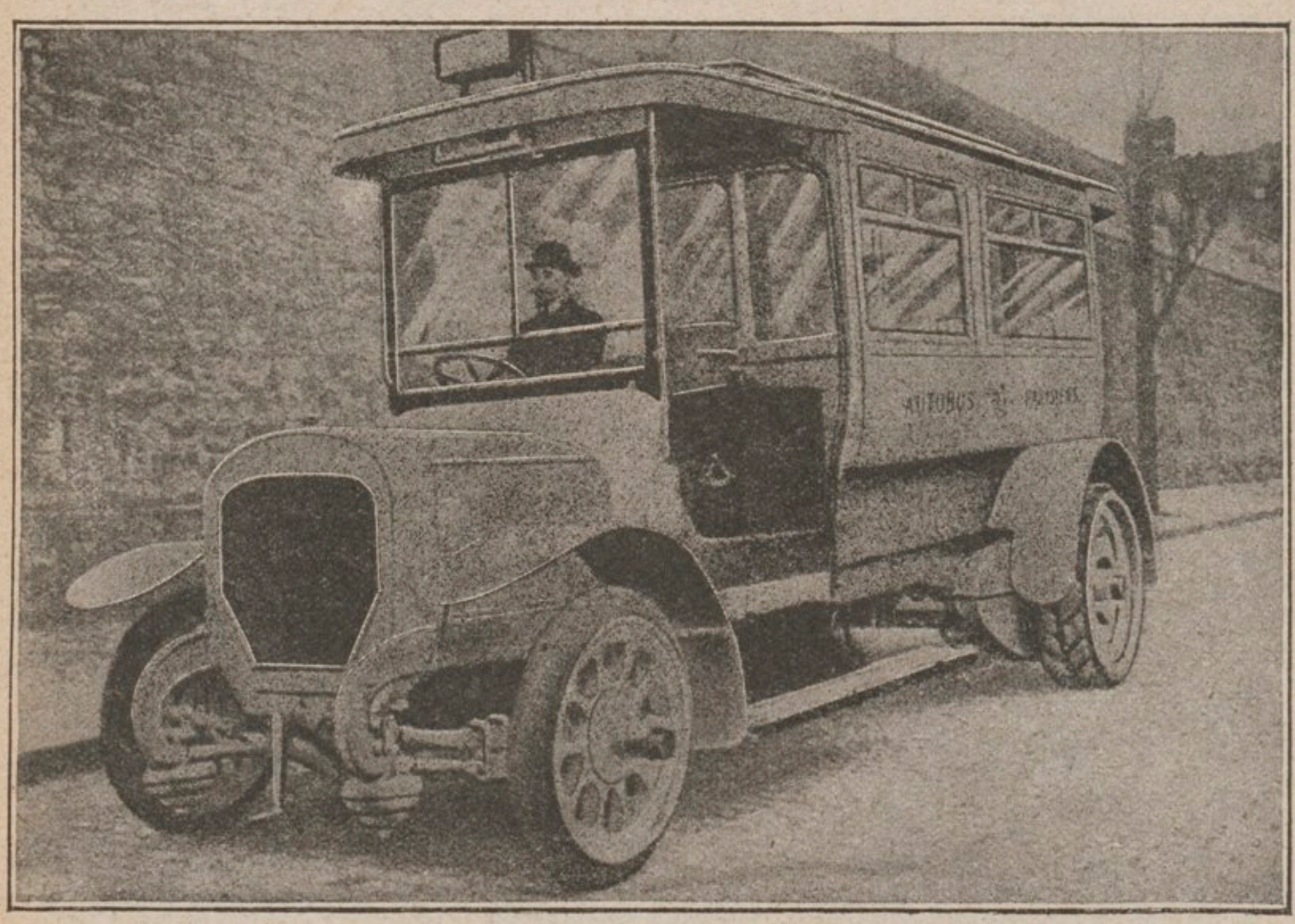
Si l'on considère un camion de 40 chevaux pouvant transporter six tonnes de charge utile à la vitesse moyenne de 10 kilomètres à

CAMION AUTOMOBILE MARCHANT AU GAZ PAUVRE

Ce véhicule est susceptible de transporter une charge utile de 2.000 à 3.000 kilos. — Sous le siège du conducteur, à gauche, on remarque le gazogène qui alimente le moteur.



AUTOBUS A GAZ PAUVRE DE 40 CHEVAUX, MARCHANT A 40 KILOMÈTRES A L'HEURE



AUTRE TYPE D'AUTOBUS A GAZ PAUVRE FOURNISSANT LA MÊME VITESSE

On fait ressortir que le prix d'achat plus ou moins élevé d'un autobus ou d'un camion automobile n'entre que pour une minime partie dans la dépense des transports ; les vrais éléments de dépense sont les frais d'exploitation du véhicule : l'entretien et le carburant. L'utilisation du gaz pauvre réduit considérablement ces frais, tout en assurant à la voiture une marche régulière.

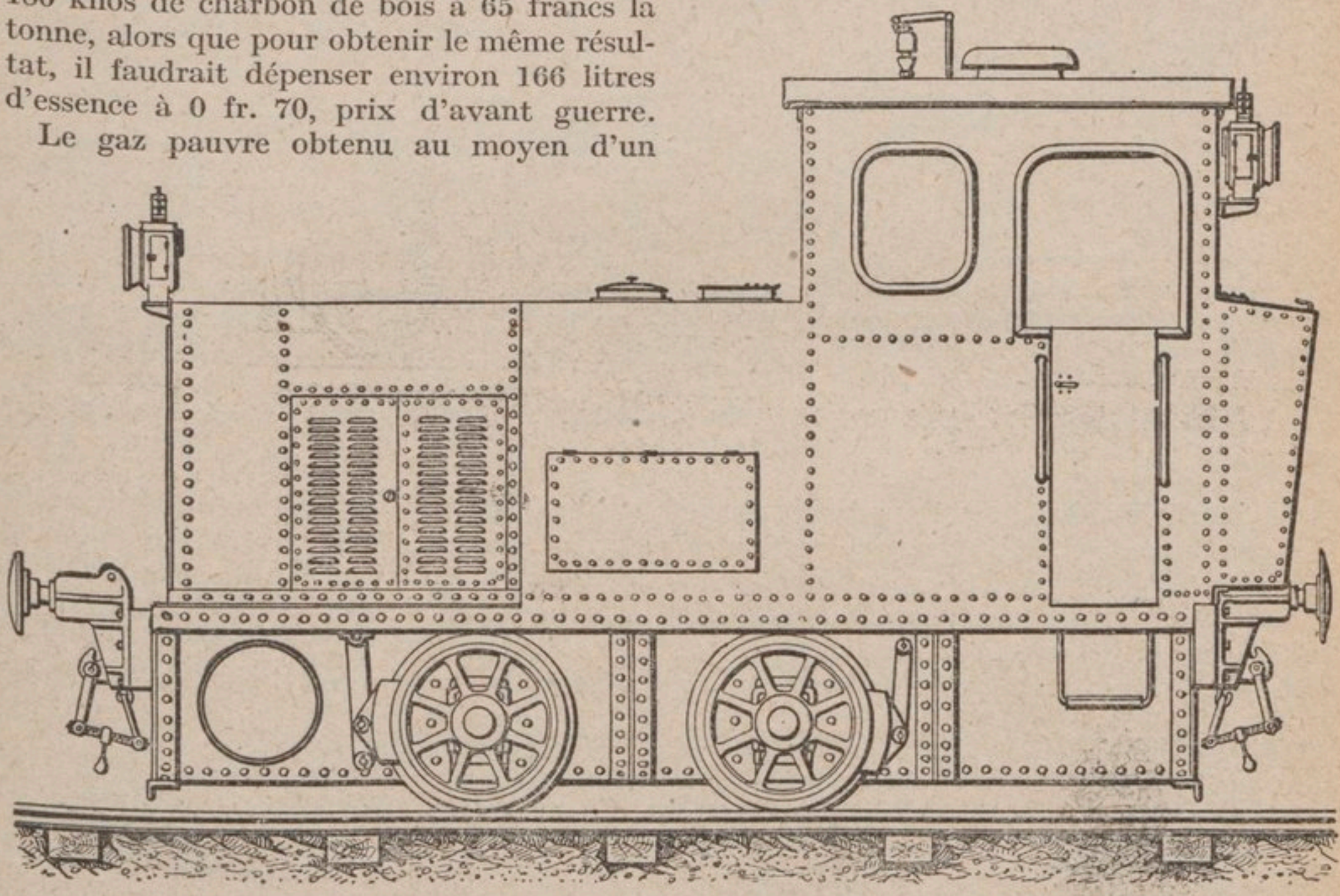
l'heure, on constate que la dépense aux 100 kilomètres, qui atteindrait 117 francs dans le cas de l'essence, serait réduite à 21 fr. 25 si l'on employait un moteur à vapeur, et à 11 fr. 70 avec un gazogène à gaz pauvre alimentant un moteur vertical à plusieurs cylindres. L'emploi de la dernière solution permettrait donc d'économiser les neuf dixièmes de la somme dépensée pour la traction d'un camion à essence. En effet, pour parcourir 100 kilomètres dans les conditions indiquées ci-dessus, il suffit de brûler 180 kilos de charbon de bois à 65 francs la tonne, alors que pour obtenir le même résultat, il faudrait dépenser environ 166 litres d'essence à 0 fr. 70, prix d'avant guerre.

Le gaz pauvre obtenu au moyen d'un gazogène à charbon de bois présente, par rapport à la vapeur, un autre avantage important qui est de réduire la quantité d'eau d'alimentation nécessaire à 30 ou 40 litres par jour, quantité notablement inférieure à celle que consomment les meilleures chaudières à petits éléments pour automobiles, notamment le fameux générateur américain Dobble, décrit précédemment dans *La Science et la Vie* (n° 33, page 51).

Les camions à gaz pauvre rendent de grands services dans les colonies où l'eau est rare, mais où l'on se procure facilement le charbon de bois sur place, comme en Algérie, à Madagascar, ou au Maroc.

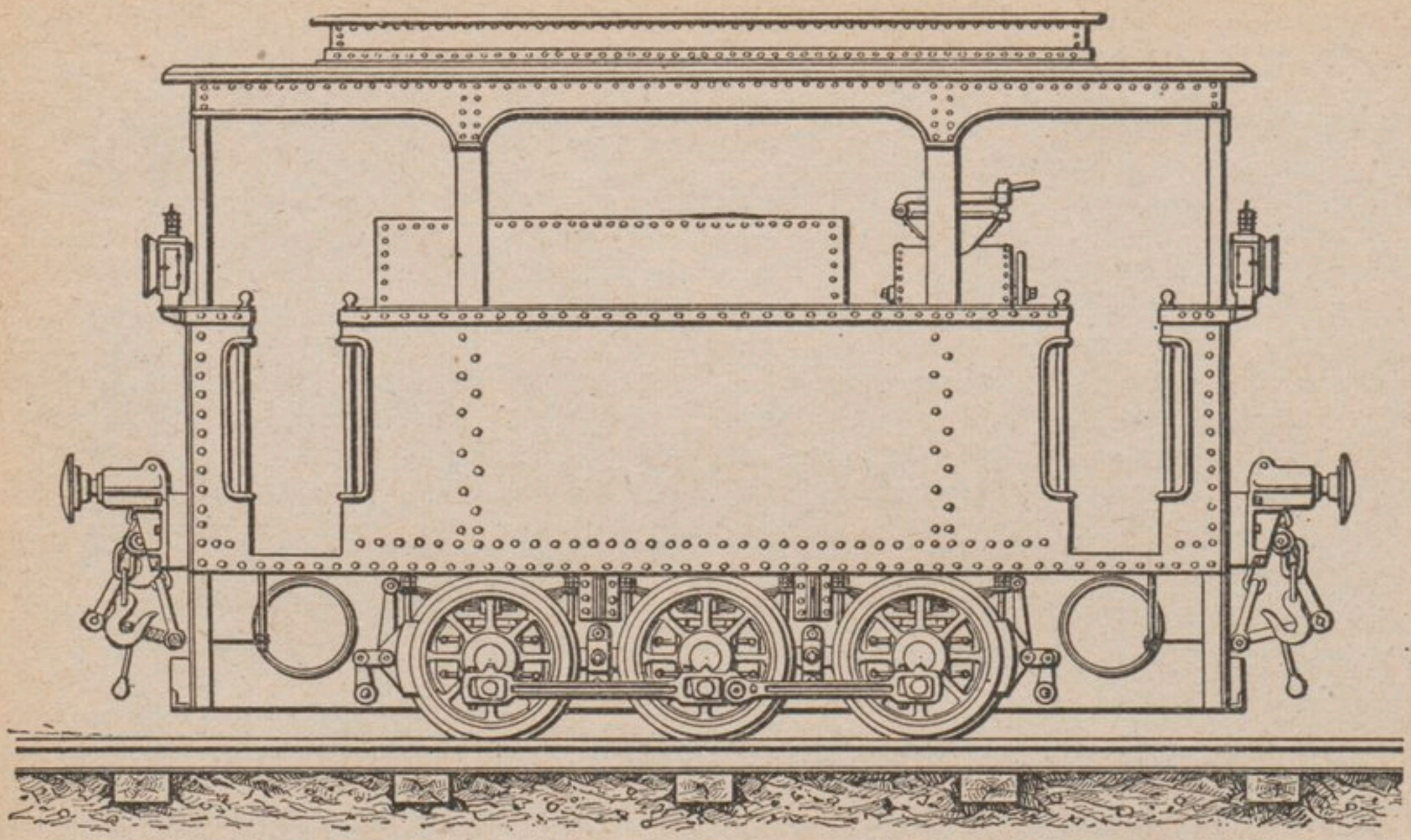
Les gazogènes employés autrefois pour la production du gaz pauvre en vue de la traction automobile avaient donné des résultats médiocres et c'est à leur fonctionnement incertain et irrégulier qu'il faut attribuer les insuccès du début. La mise au point du gazogène actuellement en service sur le camion à gaz pauvre qui fonctionne aux armées a été particulièrement longue et laborieuse, car il n'a pas fallu moins de neuf années d'efforts et de transformations successives pour obtenir un résultat satisfaisant.

On aurait pu, semble-t-il, faire fonctionner le nouveau gazogène à l'anthracite, combustible dont l'encombrement est inférieur à celui du charbon de bois, car son pouvoir calorifique est considérable. La raison qui a fait donner la préférence au charbon de bois est l'absence de goudron dans les gaz auxquels il donne naissance et dont l'épuration est rendue ainsi très facile. Il en résulte que les organes du moteur ne sont pas salis par les goudrons, inconvénient qui se produirait sûrement avec l'anthracite à cause de sa haute teneur en matières volatiles.



LOCOMOTEUR A GAZ PAUVRE POUR CHEMIN DE FER A VOIE ÉTROITE

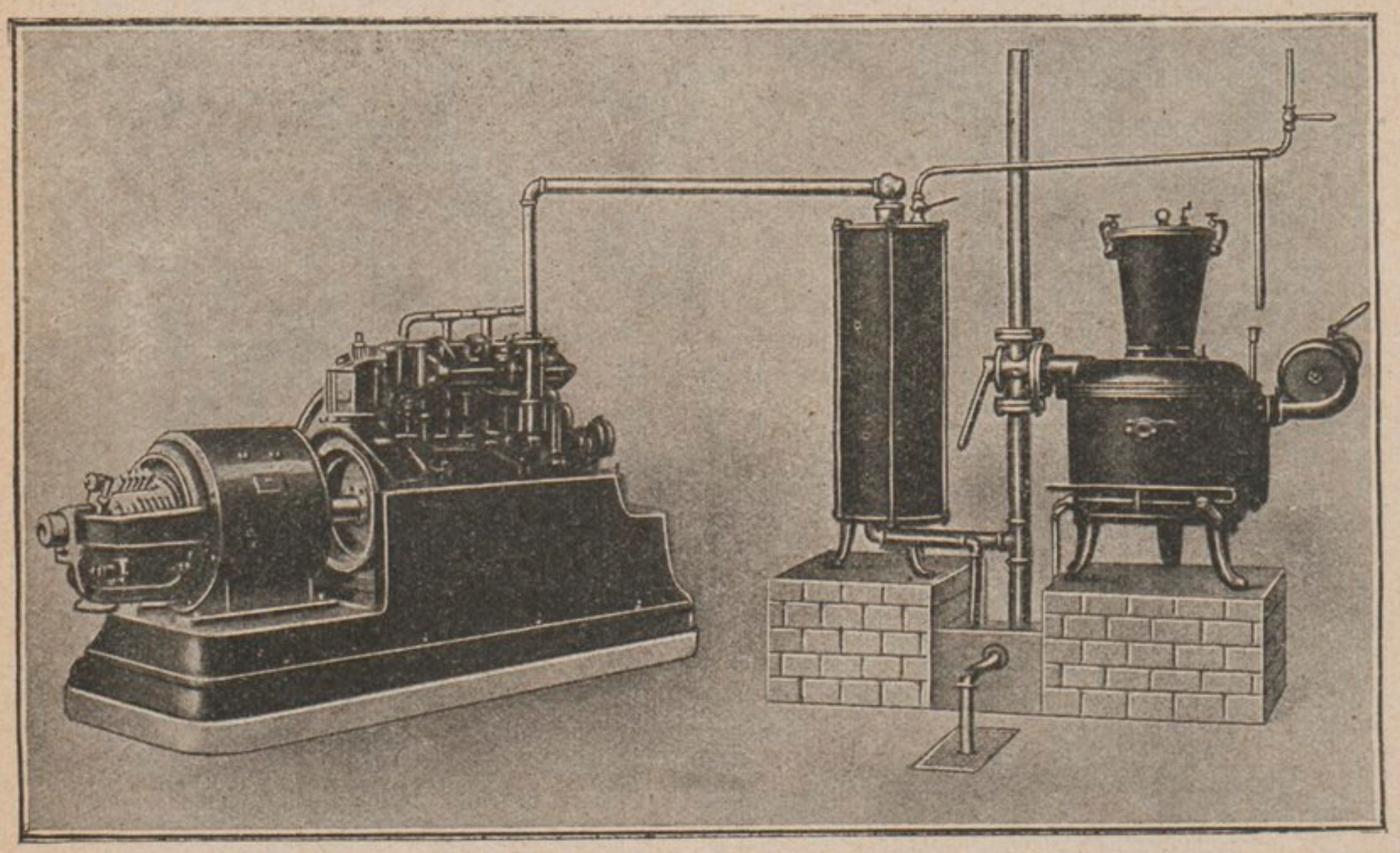
La mise en marche des moteurs à gaz pauvre a lieu, soit à l'air comprimé, soit à l'air carburé. La mise en route du moteur Caze se fait au moyen d'air carburé provenant d'un carburateur à essence. On ouvre ensuite peu à peu un robinet à boisseau, afin de mettre le gazogène en action. En cas de panne ou lorsqu'il faut donner un fort coup



TYPE DE LOCOMOTIVE A GAZ PAUVRE (GAZOGÈNE AU BOIS) POUR VOIES FERRÉES

de collier, le conducteur a donc la faculté de pouvoir marcher à l'essence pendant le temps nécessaire, s'il le juge opportun.

Les illustrations qui accompagnent cet article montrent comment sont disposés les camions, les autobus, les locomotives ou les groupes électrogènes actionnés par un moteur à gaz pauvre. Les camions, notamment, comportent à l'avant un moteur à deux, à trois ou à quatre cylindres verticaux un peu plus volumineux qu'un moteur similaire à essence, car la vitesse de rotation ne dépasse



INSTALLATION COMPLÈTE D'UN GROUPE ÉLECTROGÈNE A GAZ PAUVRE

Le gazogène est à anthracite ; il alimente un moteur fixe de 40 chevaux. Au centre, on voit l'épurateur.

pas mille tours. Les pistons ont 75 millimètres de diamètre et 110 millimètres de course. Le poids de l'appareil atteint 400 kilos. Le gazogène mesure 155 millimètres de hauteur sur 60 environ de largeur.

En résumé, les camions à gaz pauvre utilisent un combustible économique qu'on peut se procurer facilement en tous pays et dont l'emploi supprime tout danger d'incendie et surtout d'explosion.

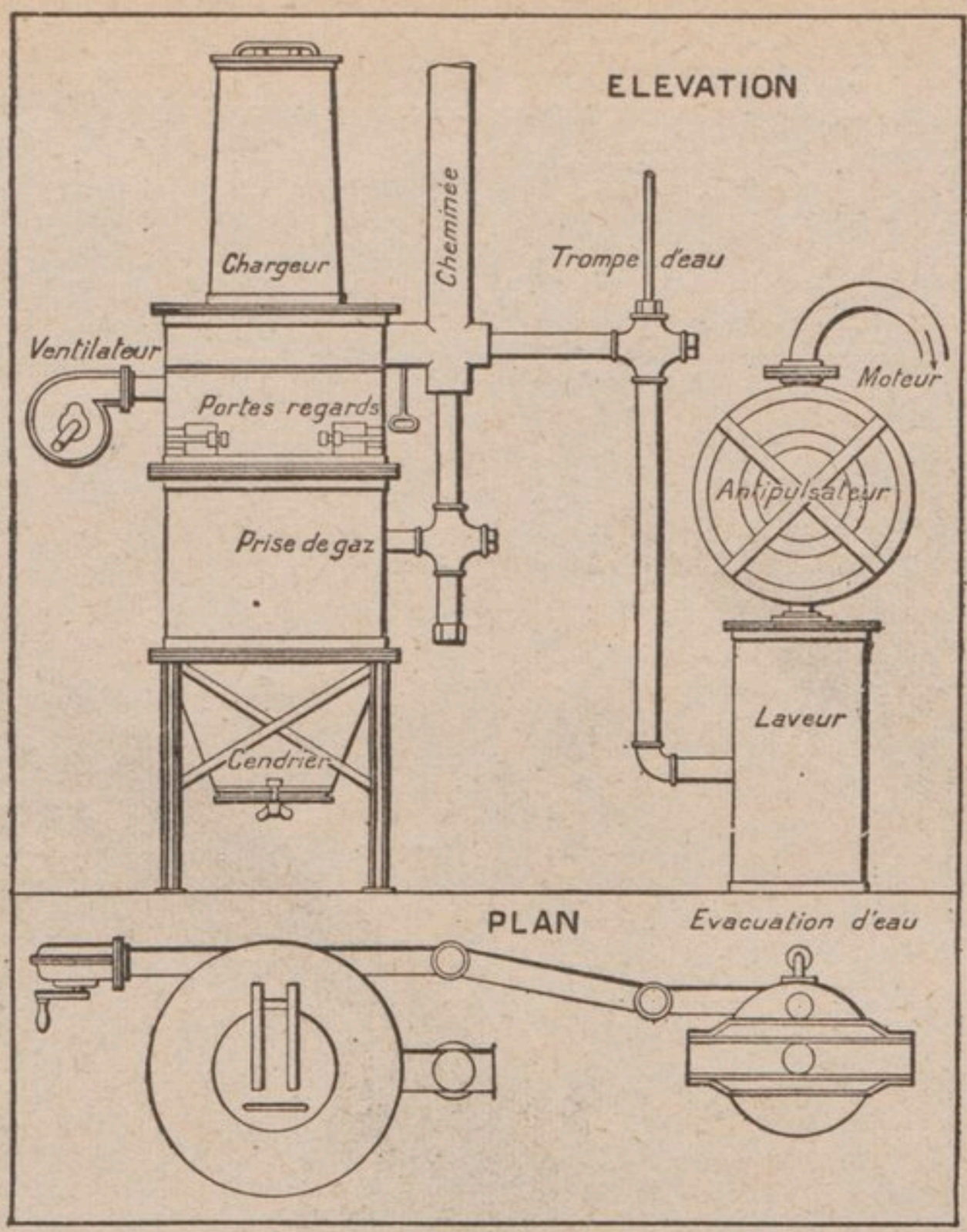
On a relevé une consommation de 350 kilos d'anthracite par dix heures de marche sur un bateau de croisière actionné par un moteur à gaz pauvre de 70 chevaux, lui imprimant une vitesse de 10 nœuds et demi ; la coque avait une longueur de 18 m. 25, une largeur de 3 m. 05, avec un tirant d'eau de 1 m. 06.

Il existe, de même, des locomotives à gaz pauvre consommant très peu d'eau et dont le poids mort est insignifiant par rapport à celui des locomotives à vapeur. Ces locomotives à gaz pauvre étant assez légères et manquant d'adhérence, on utilise l'adhérence des wagons remorqués. Dans ce cas, une transmission à cardan avec différentiel ou une chaîne sans fin avec roue à cliquet, montée sur chaque wagon est commandée par la locomotive. Grâce à cet artifice, un certain nombre de wagons faisant partie de la tête du train deviennent moteurs et l'adhérence se trouve augmentée de leur poids total. On peut ainsi transporter un tonnage important même sur une petite voie Decauville de 60 centimètres. L'emploi de ce matériel léger serait très intéressant au Maroc, où l'on manque souvent d'eau et de houille. On éviterait de fatiguer les voies militaires de 60 centimètres par la circulation des locomotives à vapeur dont le poids mort est extrêmement élevé.

Enfin, le bas prix de revient du gaz pauvre a permis son application aux groupes électrogènes. La dynamo est reliée rigidement au moteur à grande vitesse par un manchon d'accouplement.

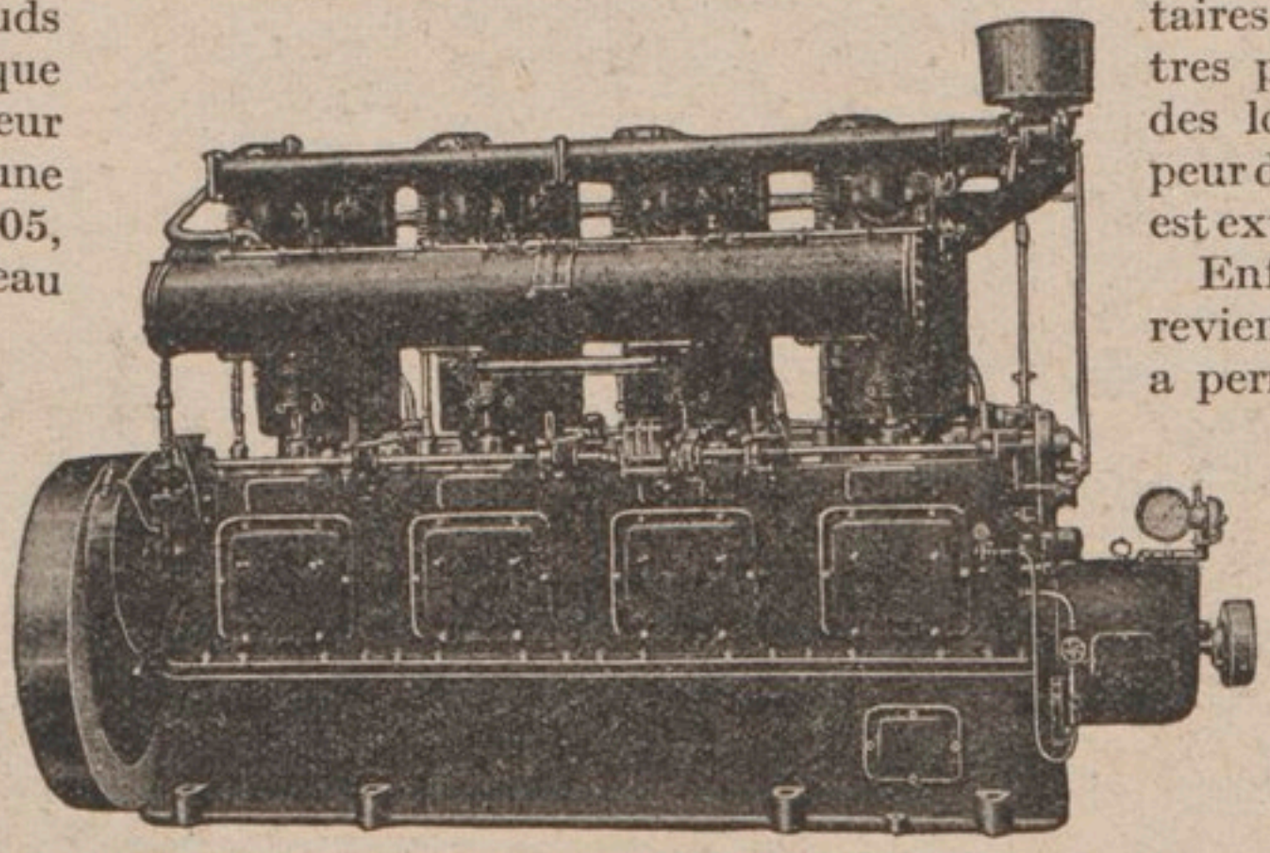
On pourrait également envisager l'adaptation du gazogène à gaz pauvre à des tracteurs agricoles.

P. DE MONTGOLFIER.



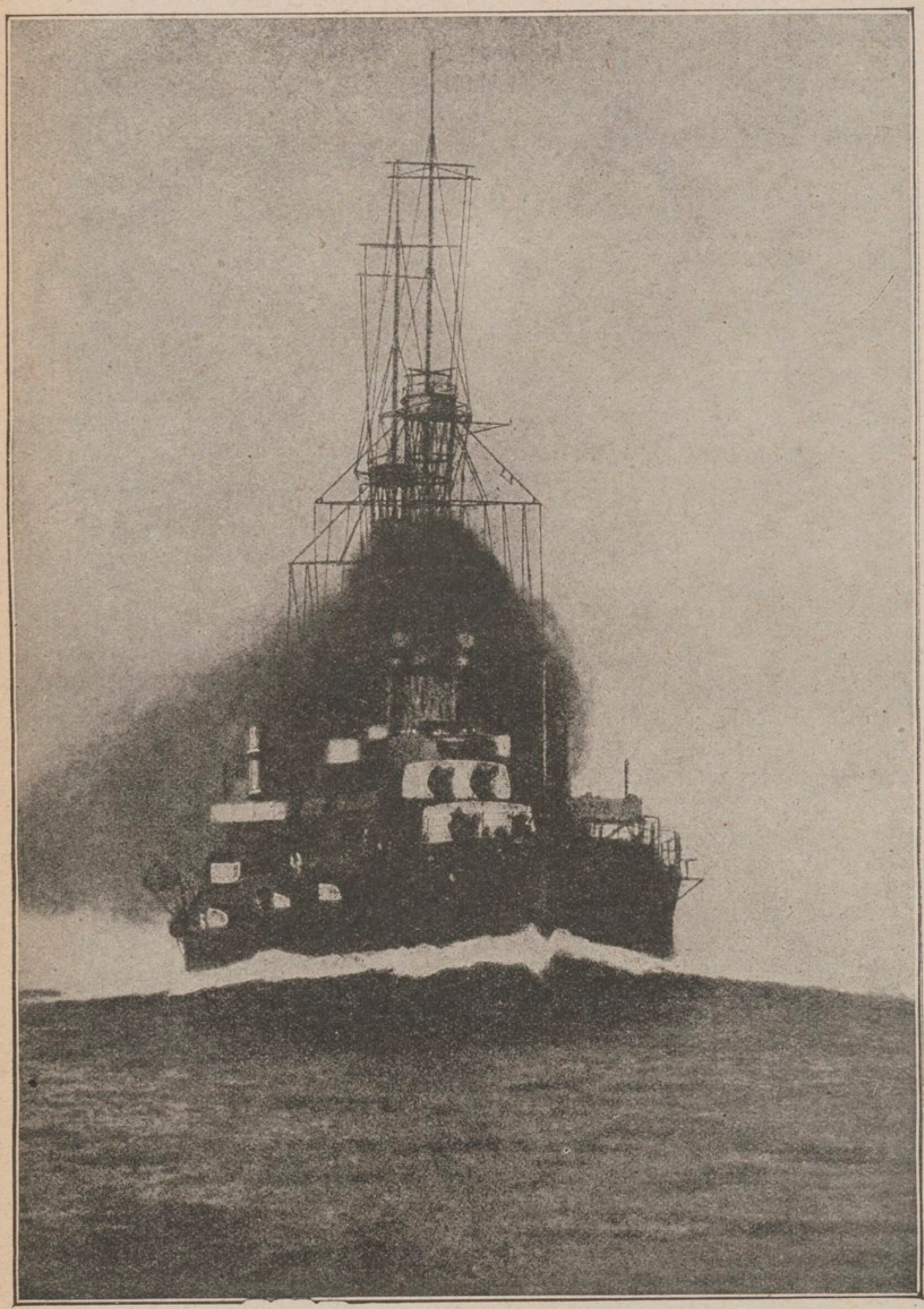
INSTALLATION D'UN GAZOMÈTRE AU BOIS DE 25 CHEVAUX

Ce gazomètre brûle environ, par cheval, un kilogramme de bois, sciures, copeaux, branchages, etc...



MOTEUR « GARDNER », TYPE VERTICAL, FONCTIONNANT AU GAZ DE VILLE OU AU GAZ PAUVRE

LE CUIRASSÉ AMÉRICAIN "NEW-YORK"



Ce magnifique bâtiment de guerre jauge 27.000 tonnes; il est armé de 10 canons de 355 mm. en trois groupes de tourelles doubles; sa vitesse normale est d'un peu plus de 21 nœuds.

LES DISTANCES DE COMBAT A LA MER ET LA PERFORATION DES CUIRASSES

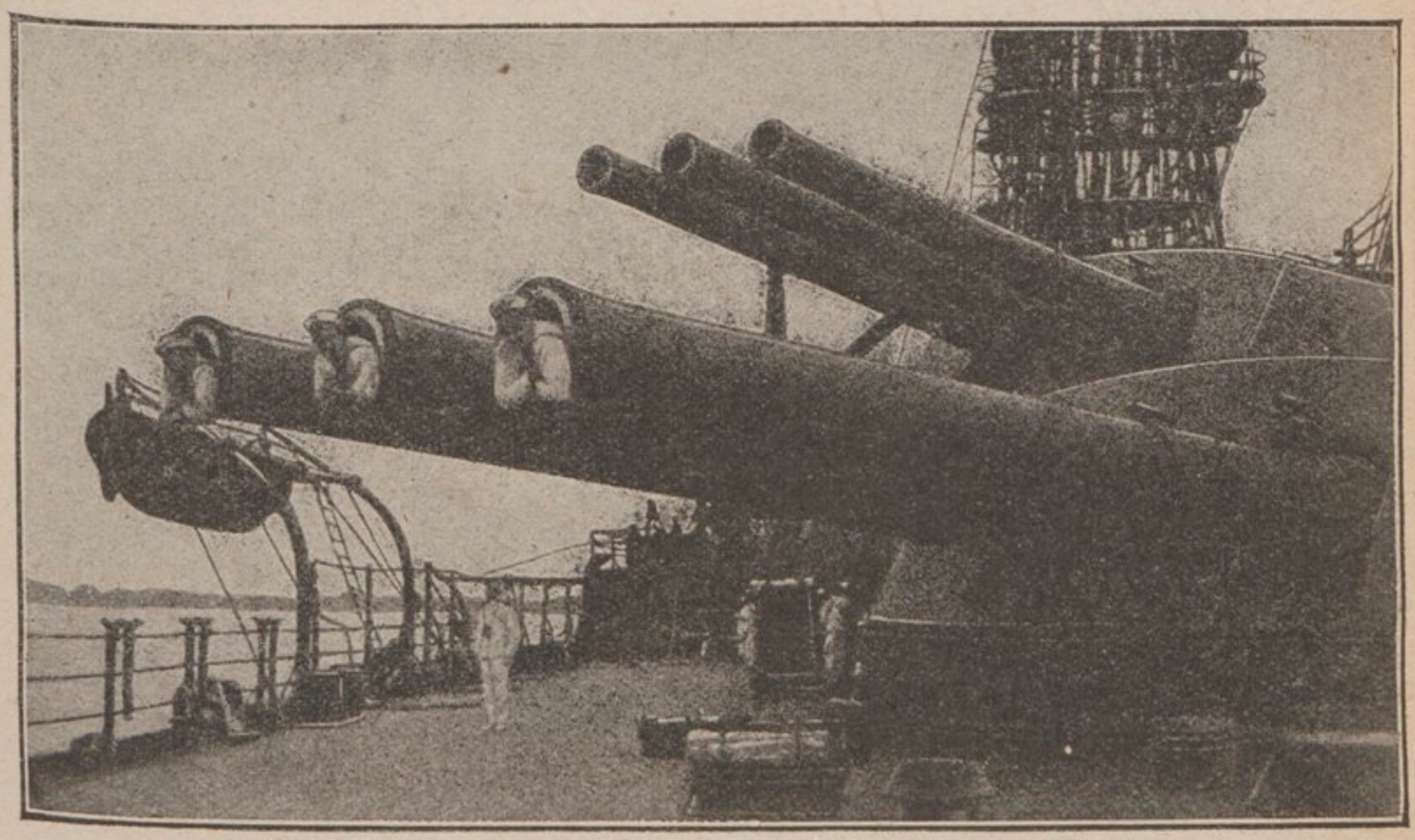
Par le commandant A. POIDLOUË

Pour l'étude des deux questions énoncées dans le titre de cet article, il est indispensable de passer rapidement en revue l'évolution de la grosse artillerie de marine et sa situation actuelle.

Le calibre de la pièce est le diamètre de l'âme ; sa longueur *(L.)* s'exprime en calibres : une pièce de 30 cm. de 50 calibres (L. 50) a 30 cm. × 50 cal. de long = 15 mètres. La vitesse initiale *(Vit.)*, mesurée en mètres par seconde *(m. s.)* est la vitesse de départ du coup à la bouche ; les angles de tir sont les angles que fait la pièce avec l'horizontale ; les angles de chute sont les angles de la trajectoire ou ligne courbe suivie par le projectile avec la normale au point de chute ; la vitesse restante en mètres-secondes (*m. s.*), est celle qu'a encore le projectile à un point de sa course ; l'unité d'énergie, exprimée en tonneaux-mètres *(t. m.)*, est la force voulue pour soulever une tonne à un mètre ; tous les calibres sont exprimés en millimètres *(mm.)* ; 305 signifie donc 305 millimètres.

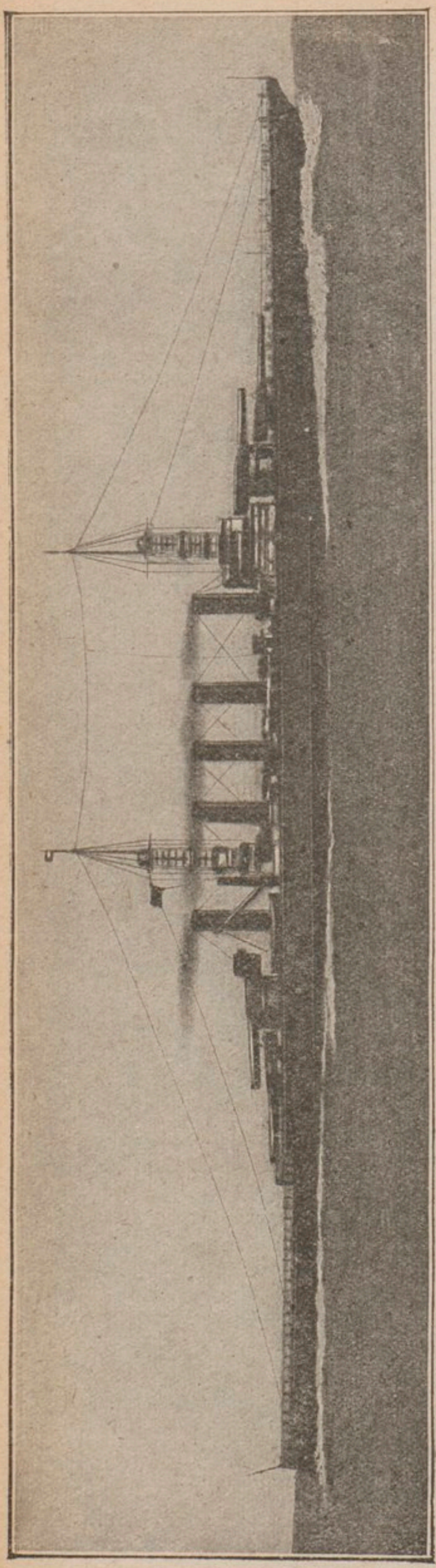
Il n'est réellement possible de juger de la valeur d'un instrument de combat qu'après une épreuve prolongée sur le champ de bataille ; malheureusement, les différentes batailles ou engagements sur mer, y compris ceux de la guerre actuelle, se sont déroulés dans des conditions tellement particulières, qu'il existe encore des doutes très sérieux dans l'esprit de bien des gens sur le calibre maximum que doivent avoir les pièces, leur groupement, le déplacement des navires.

Comme il n'y eut pour ainsi dire pas de plaques de cuirasses perforées à Tsushima par les gros projectiles de 305 russes ou japonais, la plupart des experts maritimes admettaient qu'il ne fallait pas chercher la décision avec les gros calibres, mais obtenir,



TOURELLES AVANT DU RÉCENT CUIRASSÉ AMÉRICAIN « PENNSYLVANIA »

Ce navire, de 33.000 tonnes, possède 4 tourelles triples superposées armées de canons de 355 millimètres. Les essais ont démontré que l'armement des tourelles inférieures pouvait supporter sans inconvénient le tir des pièces des tourelles supérieures, et réciproquement.



TYPE DE NOUVEAU CROISEUR DE BATAILLE, A GRANDE VITESSE, DE LA FLOTTE DES ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

Ce bâtiment a un déplacement de 35.000 tonnes; il a 266 mètres de longueur et sa puissance est de 180.000 chevaux, donnant une vitesse de 35 nœuds. Les machines, mues électriquement, peuvent être manœuvrées de la passerelle par le commandant.

par un feu rapide et soutenu de l'artillerie moyenne, la désorganisation de tous les services, la dislocation des pièces, des incendies et des voies d'eau.

Paruț alors le cuirassé anglais « Dreadnought » qui révolutionna toutes les idées et qui fut pris immédiatement comme type par les marines de toutes les grandes nations, bien qu'il n'eût que dix gros canons de 305 et des pièces de 102 pour l'artillerie légère. Les plans *étaient antérieurs à la bataille de Tsushima* et son auteur avait prévu que les futures distances de combat seraient déterminées par la portée des nouvelles torpilles, qui dépasserait sûrement 10.000 mètres.

Son point de départ s'étant d'ailleurs vérifié, il en est résulté que les pièces de 305 mm. (le calibre le plus élevé utilisé au moment de la construction de son cuirassé), devenaient impuissantes, à cette distance, contre les plaques de ceinture de l'époque, qui ne dépassaient pas 305 mm. d'épaisseur et qui atteignent 355 mm. à l'heure actuelle et même 480 mm. pour les fronteaux des tourelles américaines. Il fallut donc augmenter la puissance des pièces, soit en allongeant les canons, soit en accroissant les calibres, ce qui conduisait dans les deux cas à une augmentation de déplacement, et, dans le second, à une diminution du nombre de ces mêmes pièces. L'allongement des pièces avec l'emploi de poudres plus vives avait l'inconvénient très sérieux d'accélérer très rapidement l'usure des canons et leur mise hors de service. En Angleterre, après de laborieux travaux, on vit successivement apparaître le 305 allongé (L. 50), le 343 nº 1 (L. 45), le 343 nº 2 (L. 45), le 381 (L. 45), et si les bruits venant d'Amérique sont exacts, une pièce d'un calibre encore plus élevé fera son apparition sous peu. L'accroissement des calibres permit aux Anglais de réduire la proportion de nitro-glycérine des poudres, qui descendit de 54 à 36 0/0 pour le 343 et augmenta sensiblement le nombre de coups que pouvaient tirer les canons avant d'être mis hors de service. Toutes les nations ne suivirent pas cet exemple, en particulier l'Allemagne, qui se cramponna au 280 (L. 45), qui devint le L. 50, puis au 305 (L. 45) qui passa au L. 50, et ensuite, trop tardivement, sauta, d'un bond, au 381 (L. 50) pour les navires qui se trouvaient encore sur les chantiers avant la guerre.

En France, l'augmentation des calibres

ne fut adoptée qu'avec difficulté · l'un de nos amiraux, ministre, soutint avec conviction, au Parlement, que les *Danton* avec leurs quatre pièces de 305 et leurs douze 240, étaient supérieurs aux *Dreadnought* anglais ; on allongea le 305 à (L. 50) pour les types *Courbet*, mais ce ne fut que grâce à l'insistance du Parlement qu'on adopta le 340 (L. 45) des *Lorraine*, des *Normandie* et des *Tourville*.

Quand on discuta les plans de la *Normandie* au conseil des Travaux, il y avait deux projets en présence, l'un comportant douze pièces de 340 et l'autre, seize pièes de 305 ; ce ne fut pas sans opposition que les premières furent adoptées.

Aux Etats-Unis, après de très longs pourparlers, on s'est arrêté à la pièce de 400 (L. 45) comme calibre maximum.

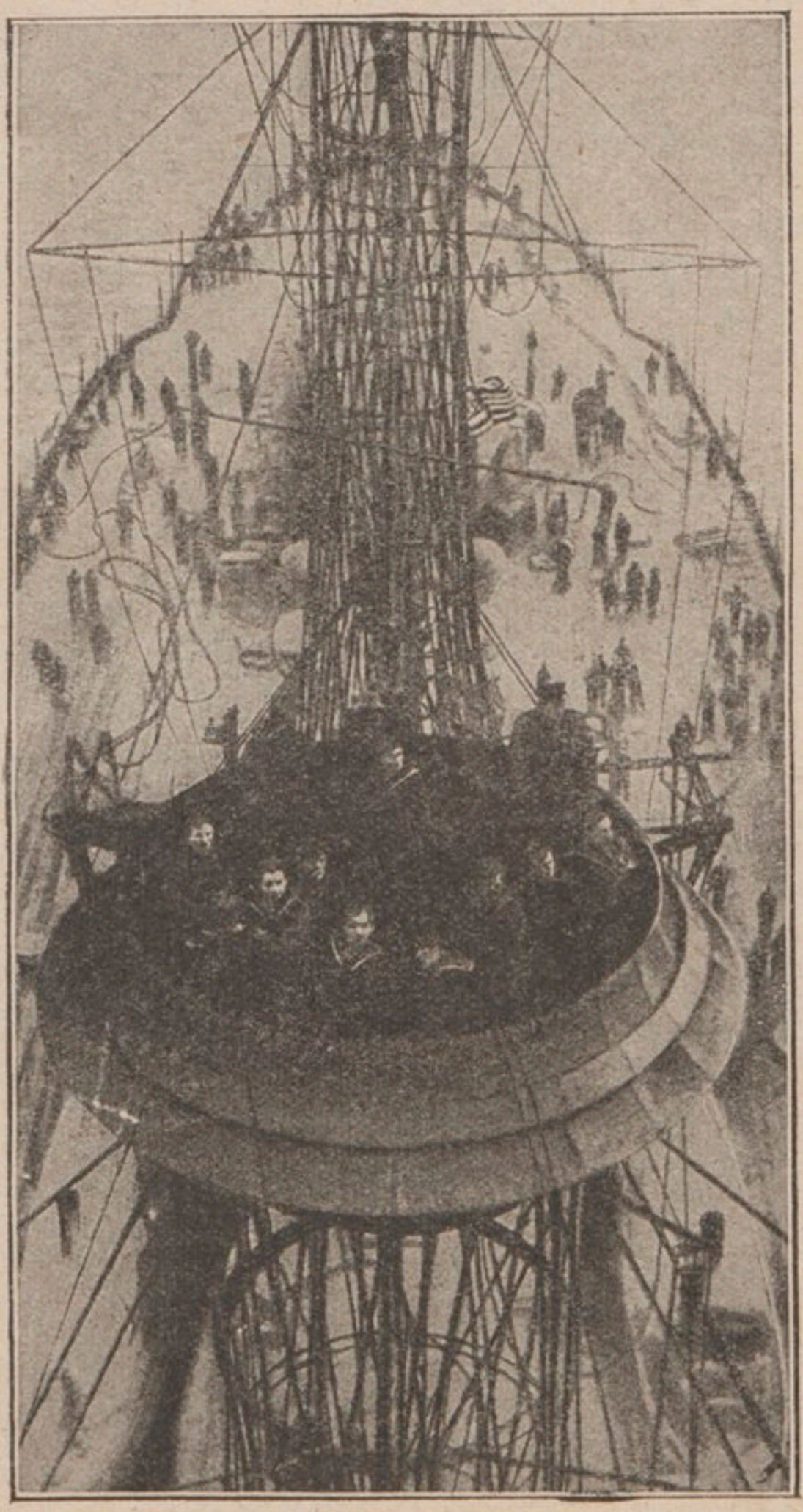
Sur les grands croiseurs de bataille *Tiger*, *Lion*, l'armement est composé de 343 (L. 45) pour les plus récents : les anciens n'ayant que des 305 (L. 45) ou (L. 50) ; en Allemagne, l'*Hindenburg* a, paraît-il, des 356, le *Lutzow*, coulé au Jutland, était le seul à posséder des 305 : les autres croiseurs n'ayant que des pièces de 280 (L. 45) ou (L. 50).

Les nouveaux croiseurs américains, de 34.800 tonnes, 180.000 chevaux vapeur, 35 nœuds de vitesse, dotés de machines mues électriquement, seront armés de huit 375 (L. 45). Pour donner une idée des poids, une tourelle double de 343 (L. 45) pèse 1.200 tonnes de plus qu'une tourelle de 305 (L. 45).

Les étapes par lesquelles ont passé ces accroissements de calibre nécessités par l'augmentation des distances sont, certes, des plus intéressantes.

On effectua de très nombreux essais pour arriver à déterminer l'influence exercée sur le rendement, soit par une augmentation de la vitesse, soit par l'accroissement du poids de l'obus unique adopté partout aujourd'hui et qui porte le nom d'obus de semi-rupture. Il est muni, au culot, d'une fusée de retard qui empêche le projectile d'éclater avant qu'il ait traversé la plaque attaquée. Son action devient alors d'autant plus destructive que l'énorme quantité de gaz produits par l'explosion de sa charge de mélinite ou de trinitrotoluol a une pression telle qu'elle occasionne des dégâts très sérieux en dehors de ceux qui sont produits par les éclats. Ces gaz ont, en plus, une action toxique sur le personnel, surtout à cause de l'oxyde de carbone qu'ils renferment et par les effets de désorganisation des vaisseaux sanguins et les troubles par choc qu'ils exercent sur l'organisme. Pour ces essais, on a choisi trois projectiles de 305, dont les poids et les vitesses sont tels qu'ils donnent à la bouche la même énergie de perforation, 731 mm. (Tableau p. 106).

On voit que c'est le projectile le plus lourd,



L'UNE DES PLATES-FORMES DU CONTROLE DE TIR D'UN CUIRASSÉ AMÉRICAIN

Au lieu de mâts tripodes renforcés, ces plates-formes sont portées par des treillis de lattes d'acier qui ont résisté avec succès au tir des grosses pièces.

CARACTÉRISTIQUES D'UNE PIÈCE DE 305 TIRANT DIVERS PROJECTILES

CALIBRE EN MILLIMÈTRES	POIDS DU PROJECTILE EN KILOS	SECTION EN CENTIMÈTRES CARRÉS	VITESSE EN MÈTRES SECONDES	ANGLES DE CHUTE EN DEGRÉS MINUTES				VITESSE RESTANTE EN MÈTRES SECONDES				PERFORATION A LA BOUCHE	PERFORATION EN COUPS DROITS EN MILLIMÈTRES			
				3.000 mètres	6.000 mètres	9.000 mètres	12.000 mètres	15.000 mètres	3.000 mètres	6.000 mètres	9.000 mètres	12.000 mètres	15.000 mètres		3.000 mètres	6.000 mètres	9.000 mètres	12.000 mètres	15.000 mètres
305	270	0,3820	1.060	1°02'	3°06'	7°08'	14°23'	24°58'	834	631	471	366	308	731	518	362	229	140	125
	405	0,5779	866	1°27'	3°46'	7°35'	14°29'	21°53'	721	596	488	407	351	731	563	429	322	209	202
	540	0,7639	750	1°49'	4°28'	8°18'	14°29'	21°07'	652	561	485	423	377	731	598	483	392	322	274

de 540 kilos, avec la plus petite vitesse initiale, Vit = 750 mètres, qui donne les meilleures perforations et que c'est à 9.000 mètres que l'écart s'accentue.

Le projectile lourd a encore l'avantage d'une plus grande charge en mélinite ou trinitrotoluol, de ricocher moins facilement que le projectile léger, quand il vient attaquer la plaque avec une certaine incidence.

Pour raisons d'économie, d'argent et de poids, on débuta, comme nous l'avons déjà dit, par l'allongement.

Voici les résultats précis d'un allongement de pièces :

Un canon de 305 (L. 40), Vit. = 790 m. s., énergie à la bouche 12.640 t. m. (projectile 385 k.), transformé en 1908 en canon de (L. 50), donna, avec le même projectile et une vitesse de 917 m. s., une énergie à la bouche de 16.450 t. m.

Le premier perforait 406 mm. et le second, 483 mm. à 4.570 mètres ; mais ces vitesses initiales conduisaient à des pressions très élevées et à des températures atteignant de 3 à 5.000° pour certaines poudres, températures qui ne s'abaissent que de 20 % à la sortie de la bouche. Ce développement intense de chaleur n'agit d'abord que sur une très faible épaisseur de la partie de l'âme du canon entourant la charge et il s'y produit une dilatation assez considérable qui empêche la chaleur de se dépenser par trop dans les couches de métal environnantes.

On sait que dans les grosses pièces de marine, pour éviter de dangereux retours de flamme qui se manifestent quand, après l'ouverture de la culasse, l'oxygène de l'air se trouve en contact avec des résidus en ignition de la charge, on lance dans le canon une violente chasse d'eau et d'air comprimé à des pressions variant, en Angleterre, de 70 à 140 atmosphères. Il en résulte un brusque abaissement de température, le métal de la couche superficielle de l'âme se durcit à la longue et il se produit un resserrement moléculaire avec stries ; ces stries de surface constituent un milieu particulièrement favorable pour de nouvelles dégradations.

Il se produit également un élargissement diamétral et un faible allongement des parois de la chambre de combustion, ce qui permet aux gaz chauds, dans les coups suivant le premier, de passer entre la surface du tube intérieur et les parois du projectile ; ce fait amène de très fortes érosions dans les rayures et une diminution sensible de la vitesse.

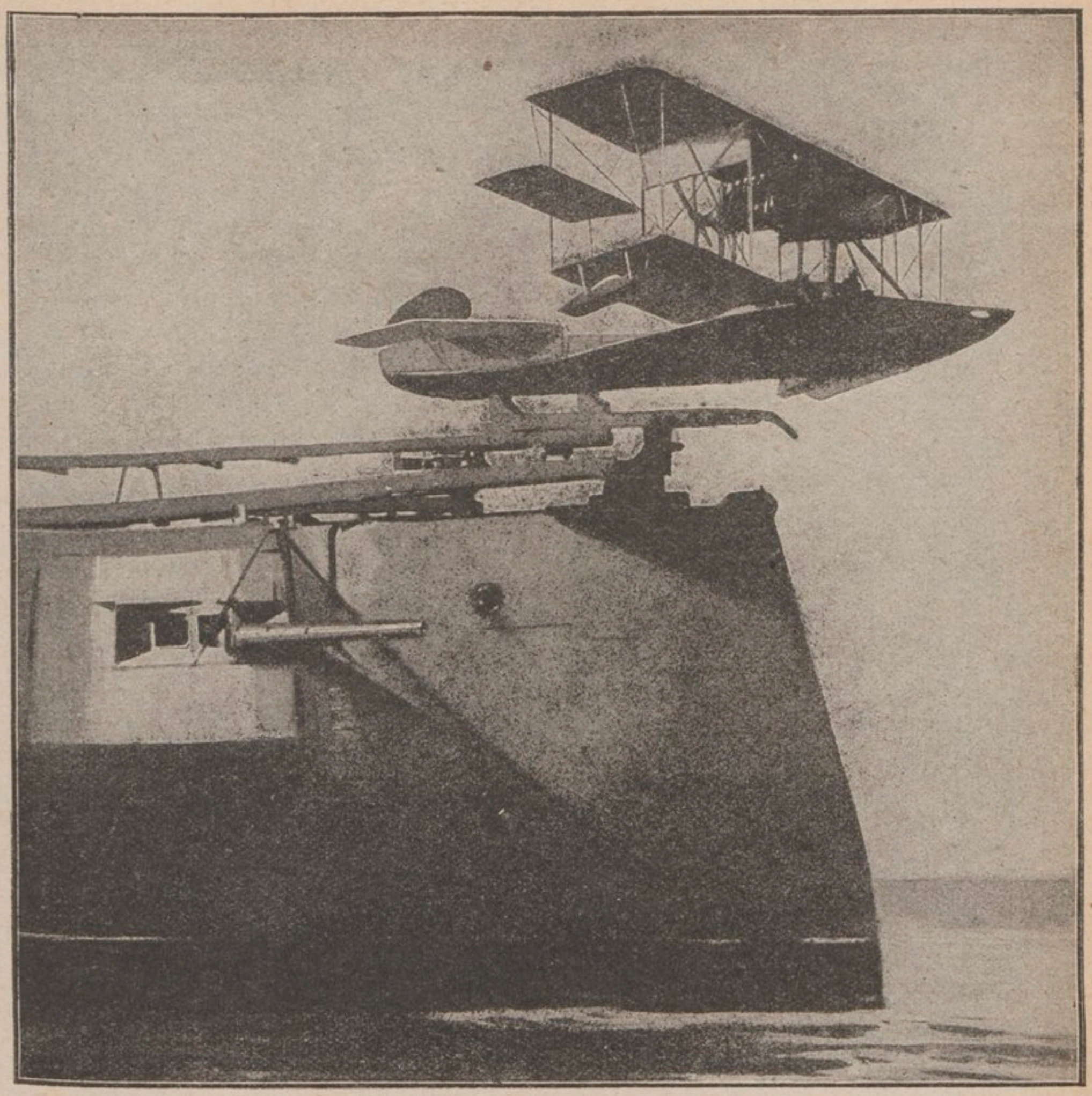
Enfin, pendant le moment, très court, qui suit l'explosion, les gaz exercent une pression énorme sur les parois de l'âme, et dans leur mouvement très rapide vers la bouche, ils entraînent avec eux des particules d'acier qui peuvent être évaluées à *un tiers de kilogramme par chaque coup* (Nauticus).

Pour permettre de se rendre bien compte des différences qui existent entre deux pièces de calibres assez fortement inégaux, celle de 305 et celle de 343, nous donnons à la page 108 deux tableaux qui contiennent les portées, les angles de chute, la dispersion ou pourcentage des coups et les perforations.

Nous parlerons des obus, de leur poids, de leurs capes ou coiffes et de leur forme quand nous traiterons la question éminemment intéressante des perforations de cuirasses.

Une des surprises et non des moindres de la guerre maritime actuelle a été la révélation, par les rapports officiels émanant du commandement, des distances auxquelles les premiers coups de canon ont été tirés.

Avant la guerre, on ne songeait guère à



HYDRAVION LANCÉ DU PONT ARRIÈRE D'UN CROISEUR DE BATAILLE

Nos alliés d'outre-Atlantique ont utilisé les machines volantes pour observer les points de chute des projectiles. Les résultats ont été très satisfaisants, et l'on espère pouvoir tirer à 23.000 mètres et plus.

dépasser 12.000 mètres. *autant qu'on voulait bien le dire ;* toujours est-il qu'aux îles Falkland, l'amiral Sturdee coula le *Gneisenau* et le *Scharnshorst* à une distance variant entre 14 et 16.000 mètres ; l'opération fut d'ailleurs très longue (deux heures) ; l'*Invincible* et l'*Inflexible*, marchant de 23 à 25 nœuds (1 nœud = 1.852 mètres) à l'heure, eurent, environ, un touché par canon toutes les soixante-quinze minutes. Au combat du Dogger-bank, l'amiral Beatty ouvrit le feu à 16.000 mètres, et l'amiral Evans, venant appuyer l'escadre Beatty, au Jutland, tira son premier projectile à 18.000 mètres.

D'après le récit semi-officiel du capitaine Holliveg, de la marine allemande, les croiseurs germaniques n'auraient répondu au feu de l'amiral Beatty qu'à une distance de 11.800 mètres : ils n'étaient armés, il est vrai, que de canons de 280 et de 305, alors que les Anglais avaient des 343 et des 305, mais la protection des croiseurs anglais était très inférieure à celle des croiseurs allemands, qui firent preuve d'une résistance très sérieuse et qui étaient, d'ailleurs, aussi protégés que les navires anglais antérieurs à la classe des cuirassés *Orion ;* les ceintures anglaises variaient d'épaisseur de 229 mm. et 178 mm. à 102 mm., les croiseurs allemands étaient ceinturés de 280 mm. et le *Seydlitz*, de

CANON DE 305

(L = 50) projectile 385 k.; Vit. = 915 m. s.; énergie à la bouche 16.450 t. m.; coups par minute 1,89 à 2.

Distance	Angles de chute.	Coups au but	Vitesse restante en fin de parcours	Energie en fin de parcours	Pénétration acier Krupp
mètres.	degrés min.	%	mètr. sec.	tonn. mètr.	millimètr.
3.000	1° 18'	95,11	747	10 950	561
6.000	3° 26'	53,1	606	7 210	416
9.000	7° 24'	18,7	490	4 740	307
12.000	13° 66'	7,34	408	3 270	236
15.000	21° 08'	3,29	346	2 350	187
18.000	33° 24'	1,48	310	1 400	170

300 mm. Cette question des distances a une importance primordiale, car le but à atteindre par l'artillerie peut se définir ainsi : frapper le premier, le plus loin, le plus juste, le plus vite et également le plus fort.

On sait que les distances s'obtiennent au moyen du télémètre *Barr and Stroud* ou de ses dérivés, qui rentrent dans la catégorie des instruments dits à coïncidence, dont *La Science et la Vie* a déjà donné la description. Dans un oculaire unique, l'observateur voit deux images distinctes d'un mât ou d'une cheminée de l'ennemi ; à l'aide d'une vis de rappel, on fait coïncider ces deux images et on lit la distance sur un vernier.

Les derniers télémètres ne donneraient qu'une erreur approximative de 32 mètres à une distance de 15.000 mètres, avec des longueurs de base de 10 mètres.

Ils sont placés, soit dans les postes de tir d'où émanent les ordres du directeur du tir (officier canonnier), soit à chaque pièce ou groupe de pièces, et protégés contre les éclats par des enveloppes fortement cuirassées.

Les tirs de combat se divisent en deux parties bien distinctes : le tir centralisé où les chefs de pièce n'ont qu'à exécuter strictement les ordres reçus de la direction du tir, et le tir d'autonomie où ils reprennent complètement leur initiative et leur liberté d'action. Le rôle du commandant du bâtiment, *fixé rigidement par les règlements*, se borne à la désignation du but et à l'ordre de commencer ou de cesser le feu.

C'est pour répondre aux besoins du tir centralisé et du tir en autonomie, qu'on a des postes télémétriques complètement indépendants des pièces et des télémètres à ces mêmes pièces.

Voici comment les choses se passent généralement : on voit de la hune des fumées à l'horizon, puis l'extrémité des mâts, les sommets des cheminées, les superstructures et enfin la coque de l'ennemi. Les télémètres de *Barr and Stroud* donnent les distances successives d'approche ; quand ces distances atteignent la portée à laquelle le commandant estime que le feu doit être ouvert, il donne l'ordre au directeur du tir de commencer le feu.

Quelques coups d'essai sont tirés et si le centre des gerbes d'eau, parfois très élevées, (jusqu'à 100 mètres), tombe sur le navire ennemi, ordre est lancé électriquement à toutes les pièces de faire feu. Si les distances télémétriques sont inexactes, ce qui arrive, on règle le tir comme dans l'armée, en encadrant l'ennemi dans des coups de réglage.

Comme on ne voit, en général, que les coups courts, les coups longs bons en direction étant cachés derrière la coque de l'ennemi, l'expérience de l'officier canonnier entre en jeu, et, grâce à de puissantes jumelles stéréoscopiques, il peut juger la situation.

Le feu général a été commandé ; on continue à donner des indications de distance au moyen des télémètres tout en observant toujours les points de chute des rafales de projectiles et les coups qui atteignent le but

CANON DE 343

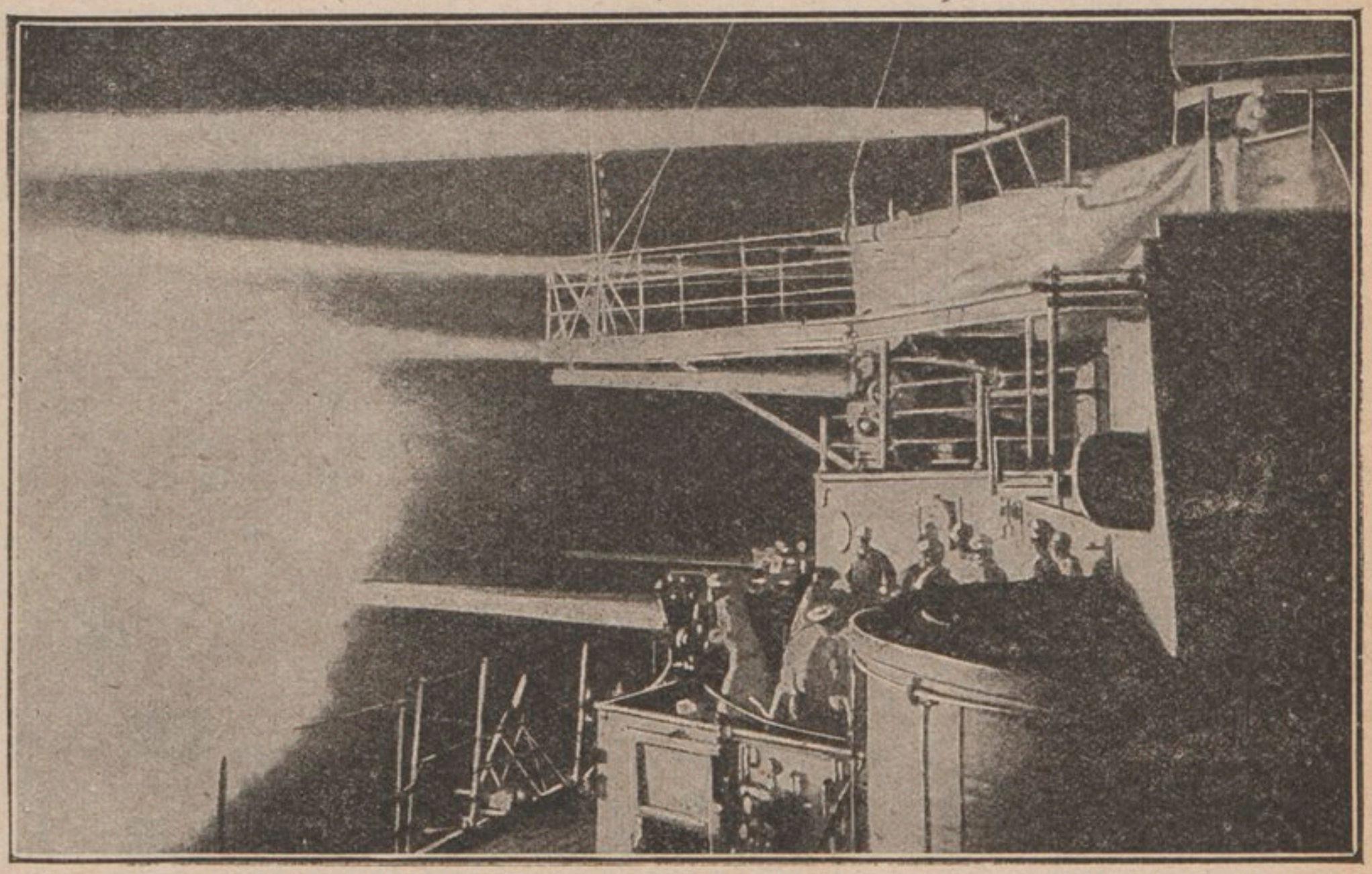
(L = 45 calibres) = 21 m. 70 ; projectile 567 k.; Vit. = 868 m. s.; énergie à la bouche 21.760 t. m.; coups par minute 1,5.

Distance	Angle de chute	Coups au but	Vitesse restante en fin de parcours	Energie en fin de parcours	Pénétration acier Krupp
mètres.	degrés min.	%	mètr. sec.	tonn. mètr.	millimètr.
3.000	1° 22'	99,92	734	15 580	636
6.000	3° 25'	53,25	612	10 420	490
9.000	6° 36'	22,38	505	7 370	373
12.000	11° 37'	8,98	422	5 150	238
15.000	18° 20'	4,18	365	3 850	234
18.000	26° 43'	2,20	335	3 240	207

et se distinguent nettement quand les projectiles font explosion et que le navire est isolé ; quand plusieurs navires tirent sur un groupe ennemi, les points de chute sont très difficiles à distinguer les uns des autres.

L'officier de tir a estimé à vue la route que fait l'adversaire et sa vitesse ; en les combinant avec sa propre route et sa propre vitesse, il possède les éléments voulus pour obtenir graphiquement la variation de la distance.

C'est la solution du problème bien connu :



CUIRASSÉ SE DÉFENDANT A L'AIDE DE SES PETITS CANONS CONTRE UNE ATTAQUE DE NUIT MENÉE PAR DES DESTROYERS

Comme les destroyers, filant à la vitesse de 30 nœuds, se déplacent de près d'un kilomètre par minute et qu'on ne les distingue bien la nuit qu'à trois ou quatre mille mètres à l'aide des projecteurs, on ne peut les arrêter efficacement que par des tirs de barrage très nourris.

étant donné deux mobiles à une distance initiale déterminée, parcourant, à des vitesses connues, des routes convergentes ou divergentes, à partir d'une époque fixée, à quelle distance seront-ils l'un de l'autre une heure ou une minute plus tard, par exemple? Comme le procédé graphique est trop lent pour être utilisé pendant le tir, on emploie différents appareils que nous ne pouvons songer à décrire ici, désignés sous le nom d'horloges de variation de distance; ils permettent de solutionner ce délicat problème.

Si l'on modifie soi-même sa route et sa distance ou si l'ennemi change sa route ou sa vitesse, la distance et la variation de distance ne sont plus les mêmes et on doit recommencer un nouveau réglage ; c'est pour cela que les officiers canonniers demandent instamment qu'autant que possible, à moins de nécessité bien démontrée, on n'ordonne pas de grands changements de direction qui fassent varier les éléments du tir et les obligent à arrêter le feu jusqu'à ce qu'ils aient réglé de nouveau leur tir. De son côté l'ennemi peut même battre en arrière pour dérégler un tir efficace qui lui cause trop de pertes.

Maintenant la question se pose : à quelle distance maximum pourra-t-on tirer ?

La réponse dépend, en grande partie, de la hauteur des points d'observation qui est limitée par la nécessité d'avoir des plates-formes très solides pour les postes de tir et pour des appareils dans le genre de celui de l'amiral Percy Scott, qui est employé sur la plupart des navires de la flotte anglaise ; il ne concerne d'ailleurs que le tir centralisé.

En haut d'une hune très élevée et sur un mât très renforcé pour résister aux projectiles se trouvent des appareils de mesure de distance, de correction, de contrôle.

Les tourelles sont pointées automatique-

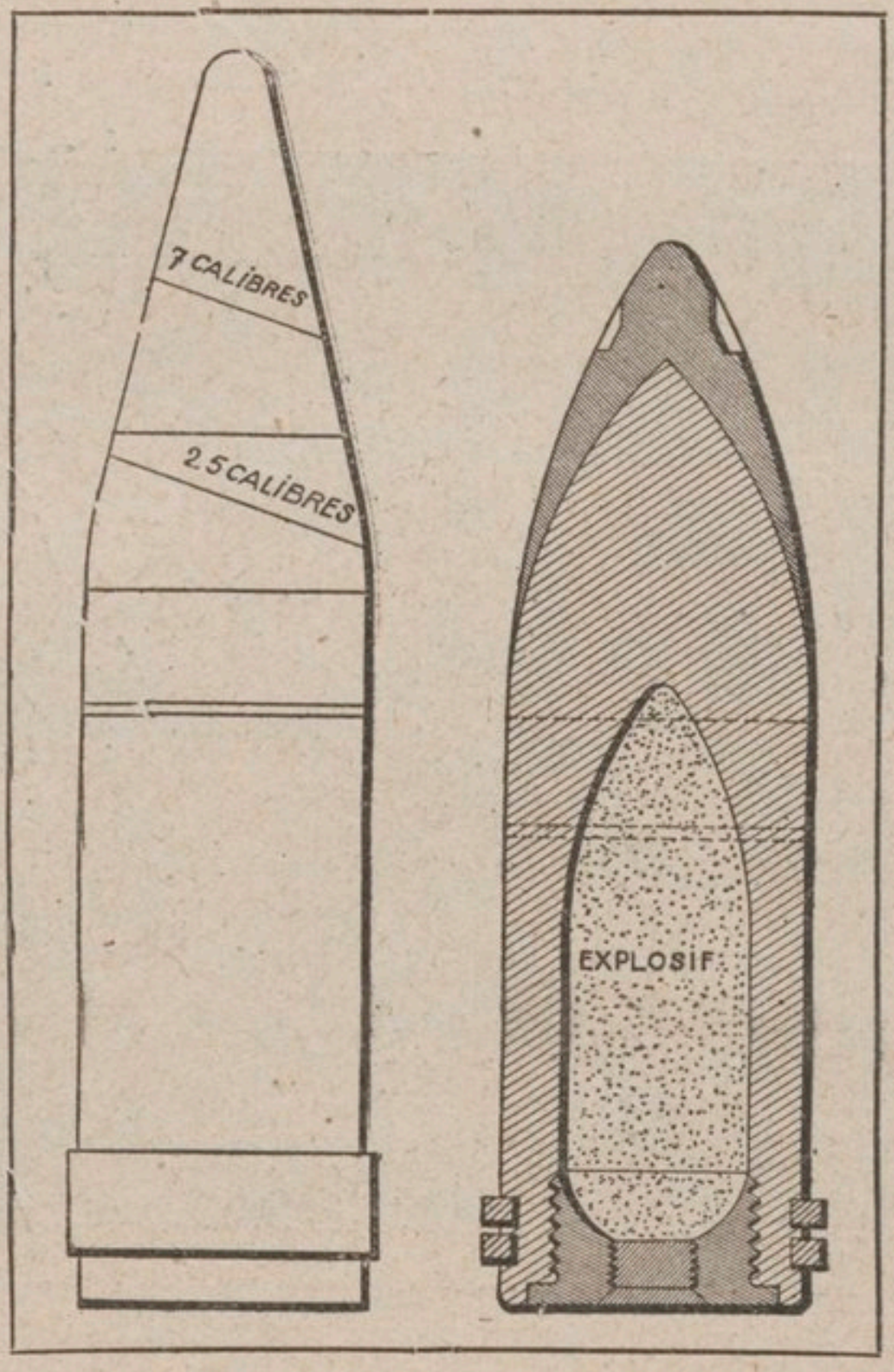
ment en direction en tenant compte des corrections nécessitées par la force du vent et les vitesses ; les canons sont également pointés de la hune au moyen de transmissions électriques très puissantes. Le directeur du tir fait faire feu lui-même à toutes les pièces sur un objectif que les chefs de pièce ne connaissent même pas. Les dépenses occasionnées par cette installation moderne ont été considérables et tous les navires anglais doivent en être munis.

Dans les journaux britanniques, on a donné les résultats de tirs comparatifs exécutés par l'*Orion*, employant les méthodes habituelles, et le *Thunderer*, qui possédait les appareils perfectionnés Percy Scott.

L'expérience eut lieu à Bantry Bay, avec des roulis de 13° ; le *Thunderer*, par quatre salves de cinq coups et trois salves de dix coups, obtint quarante et un touchés à 9.000 mètres sur cinquante projectiles lancés. Son tir fut tellement supérieur à celui de l'*Orion* qu'il fut décidé d'adopter immédiatement le système Percy Scott, bien qu'il en résultât une dépense de 12.500.000 francs.

En plus de la hauteur possible de la plate-forme, entre en ligne la dépense de projectiles qui devient très élevée si l'on veut obtenir des résultats efficaces à grande portée. En outre, les approvisionnements des grosses pièces sont relativement faibles (de cent à cent trente coups par canon). L'amiral Kamimura, en 1904, fut obligé, faute de munitions, d'abandonner la poursuite du *Gromoboï* et du *Rossia*.

De son côté, l'amiral Togo, qui comptait combattre l'escadre russe de Rojestwensky jusqu'à Vladivostock au besoin, fut forcé de diminuer la vitesse de tir de ses pièces ; le premier jour du combat de Tsushima, il avait dépensé trente-trois à trente-quatre coups par canon de 305, soit le tiers des munitions affectées aux pièces de ce calibre ; quatre-vingts coups par canon de 150, soit la moitié de leur réserve, et un quart des coups de 75 (cinquante coups par pièce).



MODÈLES RÉCENTS D'OBUS AMÉRICAINS ET ANGLAIS, A CAPE

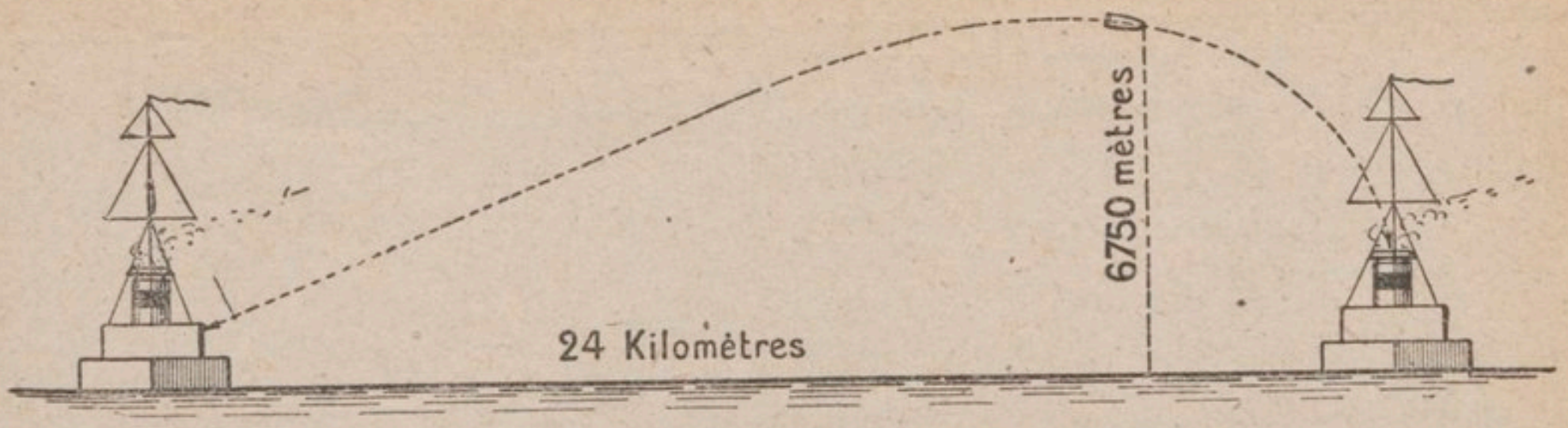
Le poids de la cape est de 6 à 7 0/0 du poids total du projectile. Les courbes extérieures de la tête de l'ogive sont des arcs de circonférences décrites avec des rayons de longueur égale au nombre de calibres indiqués sur les figures.

On a d'ailleurs déjà pu constater dans les tableaux que nous avons donnés et qui contiennent les caractéristiques des pièces de 305 et 343 combien les pourcentages diminuent rapidement avec la distance du tir.

Il y a encore un autre facteur qui intervient à cause de la courbure de la terre : l'horizon s'abaisse, à 9 kilomètres, de 5 mètres ; à 18 kilomètres, de 20 mètres ; à 27 kilomètres, de 45 mètres ; à 36 kilomètres, de 70 mètres. Ainsi, à 36 kilomètres, il serait très difficile de voir même les hunes d'un navire d'un poste élevé ou d'un fort situé à terre.

Les Américains se sont servis récemment d'hydravions pour régler leurs tirs en mer par l'observation des points de chute et les résultats auraient été satisfaisants ; ils espèrent arriver, par ce moyen, à tirer à 23.000 mètres, ce qui serait très beau.

De tout ce qui précède, on peut conclure que, dans les futurs engagements, les premiers coups, avec des calibres de 381 ou de 400, pourront être tirés à des distances de 20.000 mètres au maximum, mais notre opinion personnelle est qu'à part les coups tirés pour désénerver le personnel, il y aura intérêt à conserver ses munitions jusqu'à une distance de 14 à 15.000 mètres avant de commencer un tir continu et assez lent ;



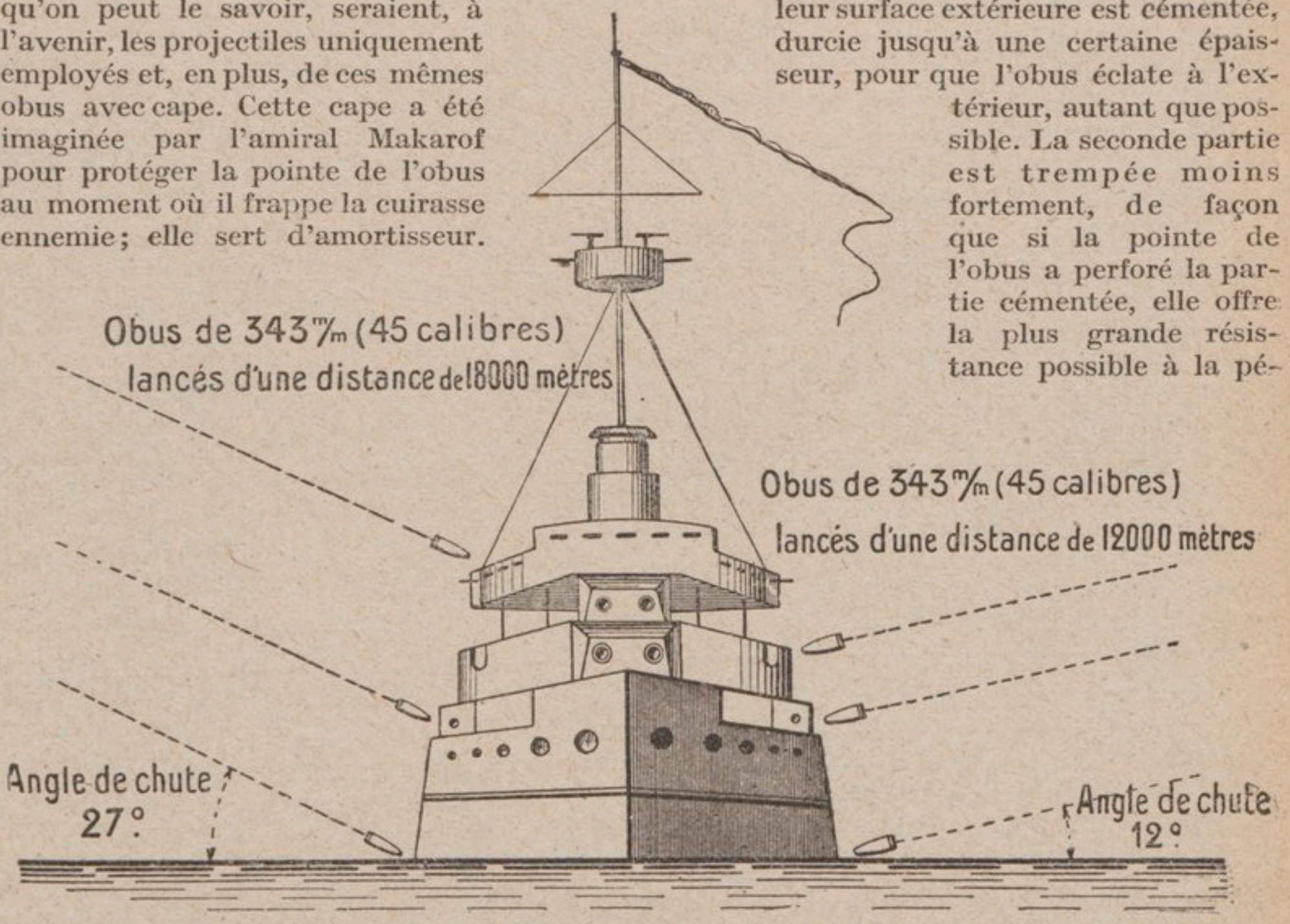
TIR A TOUTE VOLEE D'UNE PIÈCE MARINE DE 305 MILLIMÈTRES

On voit qu'en fin de course la trajectoire est presque perpendiculaire aux ponts cuirassés, dont l'épaisseur est, en général, de 75 mm., c'est-à-dire relativement faible.

la vraie distance de feu nourri sans arrêt ne paraît pas devoir dépasser 12.000 mètres dans des conditions atmosphériques moyennes. Il peut arriver que deux forces navales se rencontrent la nuit ; les distances seront alors fonction de la portée des projecteurs électriques qui ne dépasse pas 5.000 mètres ; le plus souvent, les combats de nuit seront constitués par des attaques de destroyers. Pour les perforations, nous ne nous occuperons que des obus de semi-rupture qui, autant qu'on peut le savoir, seraient, à l'avenir, les projectiles uniquement employés et, en plus, de ces mêmes obus avec cape. Cette cape a été imaginée par l'amiral Makarof pour protéger la pointe de l'obus au moment où il frappe la cuirasse ennemie ; elle sert d'amortisseur.

Indépendamment de l'incidence, ou angle sous lequel la plaque est le plus souvent frappée, car il n'y a guère que dans les polygones qu'on aura des coups normaux, la forme plus ou moins allongée de l'obus a une très grande importance. Nous avons donné le croquis d'un nouvel obus américain, qui a une pénétration supérieure, paraît-il, de 65 % à celle des projectiles moins allongés.

Presque toutes les plaques cuirassées sont en acier au manganèse nickelé, chromé ; leur surface extérieure est cémentée, durcie jusqu'à une certaine épaisseur, pour que l'obus éclate à l'extérieur, autant que possible. La seconde partie est trempée moins fortement, de façon que si la pointe de l'obus a perforé la partie cémentée, elle offre la plus grande résistance possible à la pé-



LES EFFETS DU TIR, A DES DISTANCES VARIÉES, SUR UN CUIRASSÉ MODERNE

On peut constater sur ce dessin qu'une forte cuirasse de protection des ponts supérieurs est indispensable avec des distances de tir qui atteignent 18.000 mètres ; elle est également nécessaire pour les bombes lancées par avions. Quand le navire se présente dans le sens de la longueur, le danger de perforation des plaques de cuirassement augmente considérablement

	A 2.700 MÈTRES			A 7.300 MÈTRES			
	Espace dangereux pour but de 7m,60 de hauteur.	Energie.	Pénétration normale. Formule Davis.	Espace dangereux.	Energie.	Pénétration normale.	
	mètres.	t. m.	m/m	mètres.	t. m.	m/m	
305 (L. 50) Poids 67 tonnes, Projectile 394 kil., Vitesse 870 m. s., Energie à la bouche 15.769 t. m. 2 coups par minute. Calibres de l'*Arkansas.*	436	12.388	584	112	8.204	449	A 9.140 mètres le projectile perce 395 millimètres, mais ne perfore pas 305 millimètres au delà de 14.000 mètres.
355 (L. 45) Vitesse 660 m. s., Poids 71 tonnes, Projectile 635 kil., Explosif 30 kil. Energie à la bouche 20.345 t. m. 1 coup par minute. Calibres du *Pennsylvania.*	331	15.668	609,6	89,60	9.549	526	A 9.140 mètres il perce 400 millimètres d'acier Krupp, mais ne perfore pas 305 millimètres au delà de 16.000 mètres.
406 (L. 45) Poids 96 tonnes, Vitesse 635 m. s., Projectile 952 kil., Energie à la bouche 31.309 t. m. Calibres des pièces du cuirassé *Colorado.*	365	23.442	723	86	18.930	592	Ne traverse pas les plaques de 305 millimètres au delà de 16.000 mètres.

nétration. Ces plaques qui, en Angleterre, sont fabriquées d'après le procédé Krupp, coûtent de 2.250 à 3.000 francs la tonne.

Nous rappellerons très sommairement comment se passe l'opération. Le métal, composé d'acier doux allié à du nickel, du manganèse, du chrome, est coulé en lingots, et quand ceux-ci se sont refroidis à une température de 500 degrés centigrades, ils sont réchauffés à 1.200°, laminés jusqu'à l'épaisseur demandée puis courbés sous la forme voulue pour s'adapter aux emplacements qu'ils doivent occuper sur le navire.

La carbonisation commence alors et se continue pendant trois semaines sans la moindre variation de température. En général, deux plaques sont placées vis-à-vis l'une de l'autre — les côtés qui doivent être à l'extérieur étant en face — et sont chauffées à une température voisine de 900°.

On lance alors entre les deux un jet de gaz carbonique, et l'opération se continue jus-

Calibre et Vitesse initiale.	Epaisseur de la plaque à traverser.	Distance à laquelle elle est traversée normalement.	Vitesse restante nécessaire.	Vitesse restante nécessaire pour une incidence de 45°	Distance à laquelle les plaques sont perforées.
305 V. 686 m.s.	305 m/m	8.127 m.	537 m. s.	617 m. s.	3.613 m.
35.56 V. 656 m.s.	35.56 m/m	6.802 m.	532 m. s.	612 m. s.	2.102 m.

qu'à ce que les plaques en préparation aient absorbé le gaz à une certaine profondeur.

On les enlève ensuite et elles sont plongées dans des bacs remplis d'huile, où elles acquièrent une trempe encore plus dure ; les côtés opposés, comme nous l'avons dit, ont été moins chauffés de façon à acquérir plus de résistance à la pénétration ; cette différence d'état des deux parties de la plaque l'empêche de se fendre sous l'effet du premier choc.

On la réchauffe encore à 600°, puis elle est plongée dans de l'eau froide, et, pour terminer cette opération déjà longue, on chauffe la partie extérieure à 900° et on la refroidit par un jet d'eau lancé contre sa surface.

Pour la fixer sur l'armature du navire, on intercale une épaisse couche de teck, qui est complètement traversée par des boulons lesquels sont vissés dans la partie arrière de la plaque sans arriver à la partie cémentée.

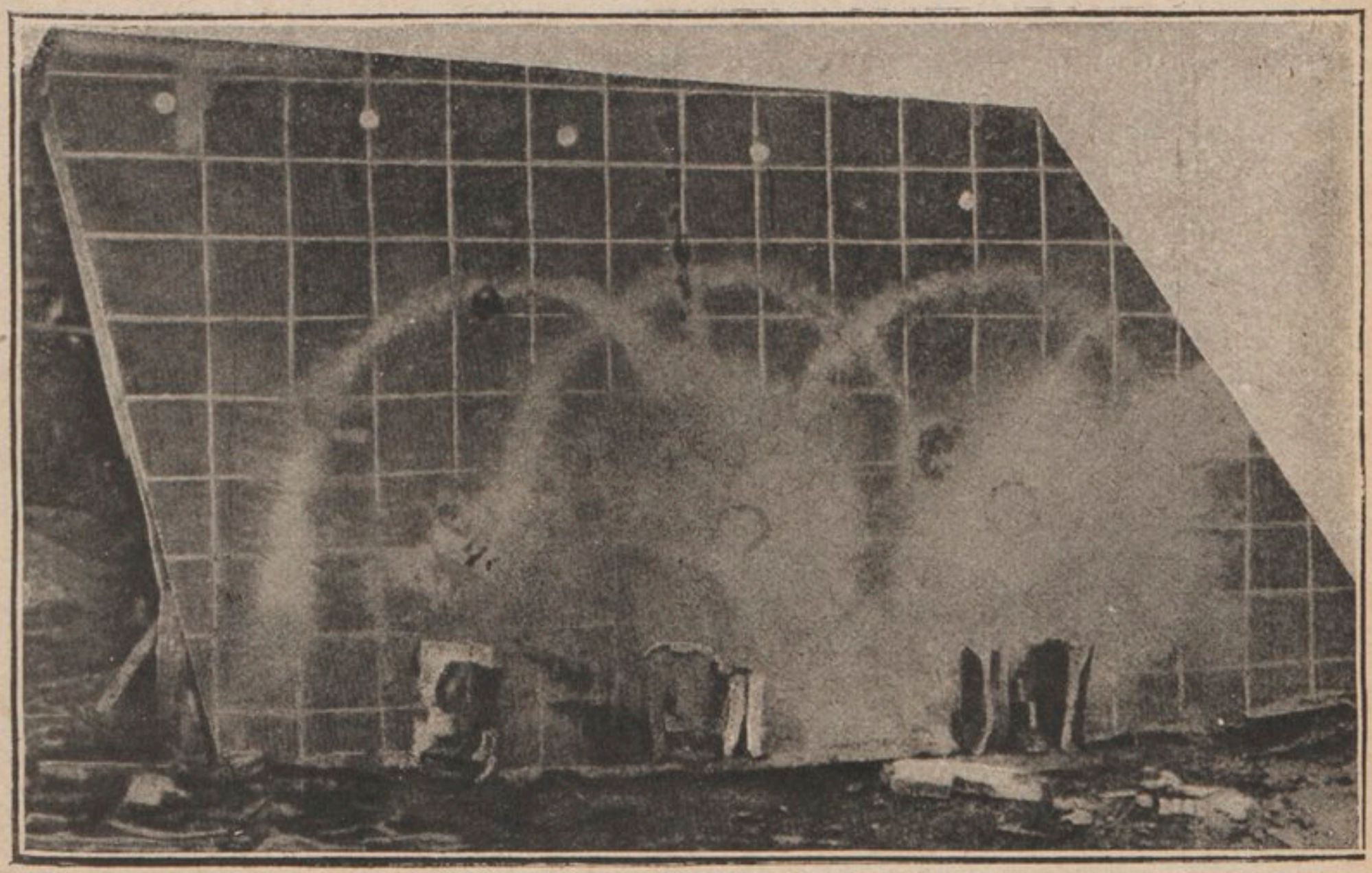
Les données des deux tableaux qui précèdent ont été prises dans les publications spéciales anglaises, allemandes ou américaines. (Pour ces dernières les chiffres proviennent des Etablissements Bethlehem. notamment celle du canon de 40 cm du *Colorado*.)

Les pénétrations se rapportent à des tirs contre des plaques cémentées Krupp par des projectiles munis d'une cape ou coiffe.

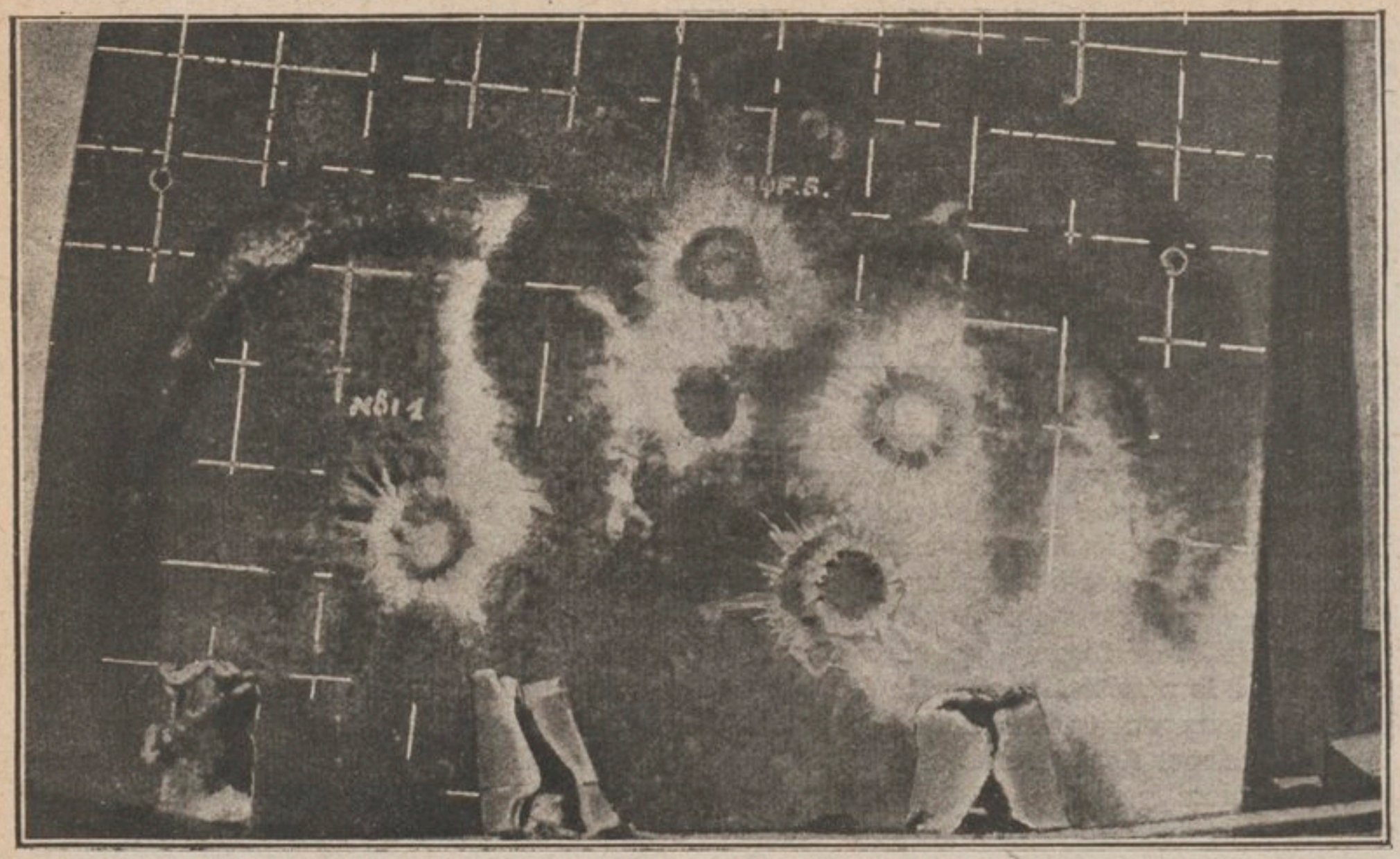
L'espace dangereux est la longueur en mètres sur laquelle le projectile tiré d'un navire a des chances d'atteindre son adversaire dans la direction de la trajectoire.

Pour donner une idée de l'influence de l'incidence, nous dirons qu'un 305 (L. 50), vitesse 950 m. s., qui perfore normalement une plaque de 420 mm. à 3.000 m., ne perfore plus que 384 mm. avec 20° d'incidence, 287 mm. avec 40° et 256 mm. à 45°.

La vitesse restante nécessaire pour perforer les plaques de cuirassement des navires augmente rapidement avec la distance.



PLAQUE DE CUIRASSE « BETHLEHEM » (250 MM.) APRÈS ATTAQUE D'UN PROJECTILE DE 305



PLAQUE CÉMENTÉE « BETHLEHEM » POUR CUIRASSE DE CEINTURE (337 MM.)

En bas et à gauche, cette plaque a été attaquée par un obus tiré par une pièce de 355 millimètres ; au centre et à droite, elle a reçu des projectiles de 305 millimètres.

On a pu remarquer combien rapidement les angles d'incidence augmentent avec la distance. Ainsi l'obus de 355 américain (L. 50) frappe sous un angle de 5° à 9.144 mètres ; à 18.000 mètres, cet angle est de 18° et il atteint 26° à 21.000 mètres.

Les résultats des tirs de polygone en ce qui concerne les épaisseurs de plaque traversées ne seront jamais que des chiffres sur du papier, car au combat, en dehors des angles que la trajectoire fera aux grandes distances avec les plaques, il entrera en ligne de compte l'angle que fera la direction que suit le projectile et la plaque, suivant que le navire sera dans une direction perpendiculaire au plan de cette trajectoire ou sera frappé, dans sa marche, sous un angle plus ou moins aigu.

Si l'on se bornait à ne considérer que les pourcentages des tables de tir et les pénétrations, on pourrait croire que, dans les combats futurs, pas un navire ne résisterait aux coups de l'artillerie moderne. Les rapports officiels des actions navales qui se sont déroulées depuis le début des hostilités démontrent le contraire, et, notamment, celle du Jutland.

Un fait d'abord à retenir est l'extraordinaire résistance des cinq croiseurs allemands qui furent soumis au feu des cinq croiseurs de l'amiral Beatty, armés de 343 et de 305, et des quatre cuirassés de l'escadre Evans, du type *Queen Elisabeth*, armés de huit 375.

Le *Lutzow* fut coulé après avoir reçu au moins quinze projectiles de gros calibre, le *Seydlitz*, également, paraît-il, mais ils ne sombrèrent pas pendant la bataille et la distance fut inférieure à 12.000 mètres.

Nous voyons également que la première escadre, amiral Burley, se battit contre la troisième escadre allemande à 11.000 mètres.

Le tir du *Marlborough* (dix pièces de 343 L. 45), projectile : 635 kilos et 25 kilos d'explosif, fut particulièrement précis, dit le rapport, contre un type *Kaiser*, armé de dix 305, projectile 340 kilos, sur lequel il tira sept salves de ses pièces de gros calibre.

Un peu plus tard, ce même cuirassé, atteint par une torpille, s'inclina fortement, mais, quatorze minutes après, il envoyait quatorze salves successives à un *Kœnig* (dix 305, plaques de 350 mm. de ceinture).

En résumé, ni l'artillerie anglaise ni l'artillerie allemande, malgré toute leur puissance, n'ont donné ce qu'on pouvait en attendre. Il n'y avait, d'ailleurs, qu'à se souvenir des combats antérieurs ou jamais les pourcentages, même à des distances de 2.000 à 6.000 mètres (Tsushima), n'ont atteint 10 %.

Il y a encore un élément dont les tables de tir ne peuvent pas tenir compte : c'est l'état nerveux des gens qui combattent et qui intervient très sérieusement dans l'action.

COMMANDANT POIDLOUË.

POUR ÉTEINDRE LE FEU CHEZ SOI SANS LE SECOURS DES POMPIERS

Par Félix DAUVERGNE

Les incendies allumés par les bombardements de l'ennemi ont appelé l'attention sur les moyens dont nous pouvons disposer immédiatement pour les éteindre, sinon pour les empêcher d'éclater, ou, tout au moins, pour en atténuer la gravité.

En dehors de l'eau, l'un des meilleurs est, à n'en pas douter, l'emploi de ces appareils mis dans le commerce depuis une trentaine d'années et connus sous le nom générique d' « extincteurs ».

L'eau est assurément le plus simple, et d'un usage qui est d'ailleurs universel, mais il faut l'employer en grande quantité et elle-même occasionne presque toujours des dégâts souvent irréparables.

C'est pourquoi les inventeurs se sont efforcés de la supprimer et de la remplacer par un autre corps exempt de cet inconvénient — problème qui eût semblé jadis irréalisable, alors que la théorie de la combustion était mal connue. Ils y sont parvenus, au moins dans une large mesure, par l'emploi d'appareils projetant des ingrédients exclusivement chimiques.

L'explication de leur fonctionnement est des plus simples. Qu'on en juge :

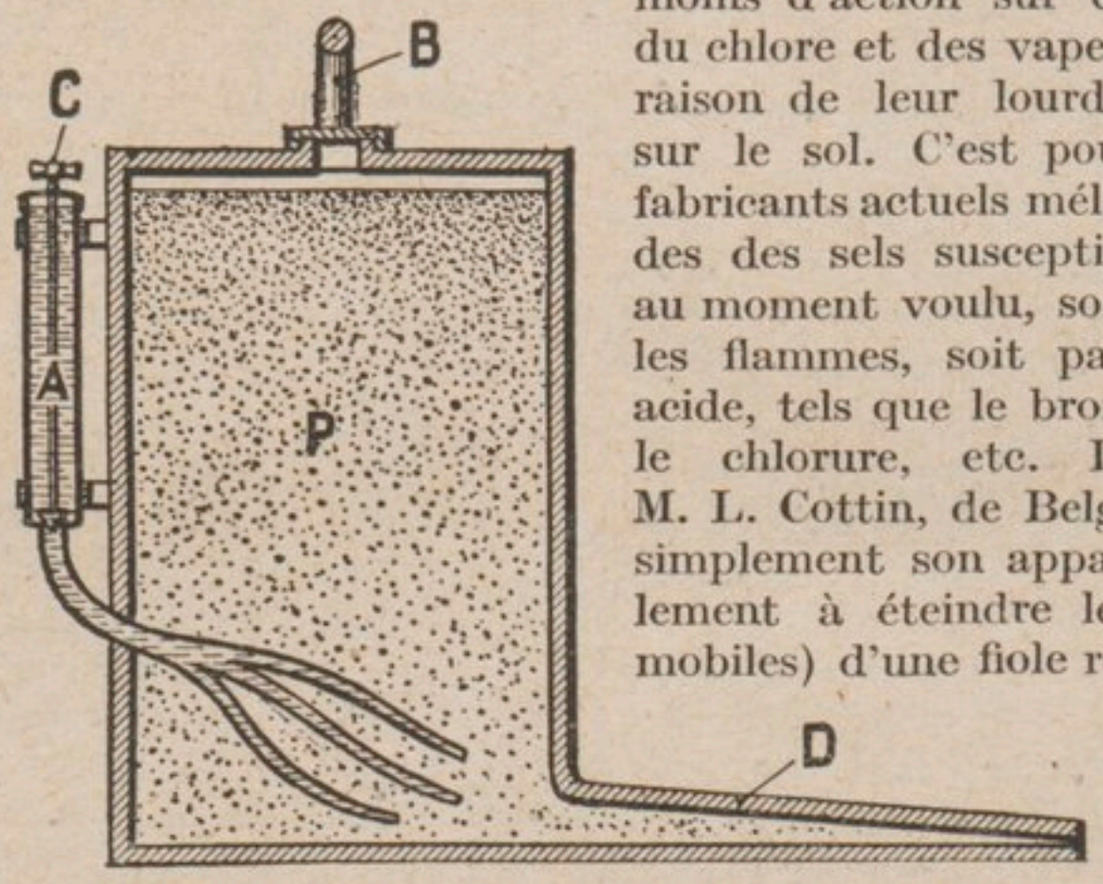
Pour qu'une combustion se produise, il faut nécessairement qu'il y ait contact intime entre un corps combustible (bois, charbon, etc.) porté à une certaine température et un corps comburant, lequel est presque toujours l'oxygène de l'air. Il y a combinaison chimique entre celui-ci et le carbone du corps combustible pour former de l'acide carbonique. En l'absence de corps comburant, aucune combustion n'est possible. Mettez un corps combustible en ignition sous la cloche de la machine pneumatique et faites le vide : il s'éteindra rapidement. Même sans faire le vide, il s'éteindra également, quoique moins rapidement, quand la totalité de l'oxygène de l'air que contient la cloche aura été absorbée par la combustion et transformée en acide carbonique.

EXTINCTEUR CONIQUE A POUDRE VERAX, AVEC BOUTEILLE EXTÉRIEURE D'ACIDE CARBONIQUE COMPRIMÉ

Donc, en plaçant une maison incendiée sous une immense cloche, on aurait vite raison de l'incendie. Comme cela n'est pas possible, comme il n'est pas possible non plus de faire le vide autour d'elle, on chasse l'air en contact avec elle en le remplaçant par un gaz non comburant, c'est-à-dire inapte à entretenir la combustion, lequel fut d'abord et est encore, souvent, l'acide carbonique. Il est généralement produit artificiellement dans les appareils nommés extincteurs, en dissolution dans l'eau ou simplement mélangé à celle-ci et il est lancé en jet, soit par une manœuvre à la main, soit automatiquement sur le foyer de l'incendie. Ou bien il est produit par l'action même du feu sur un liquide ou sur une poudre projetée sur ledit foyer, comme on le verra dans la suite de cet article.

Ce n'est pas toujours l'acide carbonique qui est employé ; on le remplace souvent par l'anhydride sulfureux, ou bien on forme un mélange des deux gaz. Chacun sait que le dernier est également impropre à

entretenir la combustion. Pour éteindre un feu de cheminée, il suffit de brûler dans le foyer une quantité suffisante de soufre ou, mieux encore, de sulfure de carbone qui transforme, par sa combustion, l'oxygène de l'air en un mélange dont les deux tiers sont de l'acide sulfureux anhydre et l'autre tiers de l'acide carbonique, lequel prend presque complètement la place de l'air dans la cheminée; le peu d'oxygène qui y reste encore est vite absorbé par la suie en combustion qui, ensuite, s'éteint faute d'un corps comburant.



COUPE D'UN EXTINCTEUR A POUDRE

A, *récipient extérieur à acide carbonique liquide terminé par un tube ramifié pénétrant dans l'appareil;* C, *robinet à pointeau ;* P, *poudre extinctrice ;* D, *tube de sortie du gaz carbonique entraînant la poudre ;* B, *anse de l'appareil.*

Ces deux gaz, employés seuls et même sans l'adjonction de l'eau, peuvent théoriquement éteindre tous les incendies, mais il faut nécessairement que les corps en combustion soient complètement enveloppés par eux, car la moindre surface qu'ils ne recouvriraient pas et sur laquelle l'air aurait accès, continuerait à brûler. Cette condition n'est pas pratiquement réalisable lorsqu'il s'agit d'éteindre un incendie en plein air (maison ou édifice plus ou moins grand), car, même si l'on en employait de grandes quantités, l'appel d'air, formant *tirage*, les aurait vite chassés vers les régions supérieures et remplacés par de l'air frais. Elle peut l'être dans un endroit clos, tel qu'un feu de chambre, d'atelier, de cave. etc., mais seulement si ledit endroit est *complètement* rempli par les gaz. Quand il n'en est pas ainsi, les flammes forment des courants de convection qui portent les gaz vers le plafond, malgré qu'ils soient plus lourds que l'air ; ils cessent alors de recouvrir les planchers, les meubles et les parties inférieures des murs, qui sont vite consumés.

Cet inconvénient est moindre quand les gaz extincteurs employés ont une forte densité, car lesdits courants de convection ont moins d'action sur eux. Tel est le cas du chlore et des vapeurs de brome qui, en raison de leur lourdeur, restent mieux sur le sol. C'est pourquoi beaucoup de fabricants actuels mélangent à leurs liquides des sels susceptibles de les produire au moment voulu, soit par contact avec les flammes, soit par la réaction d'un acide, tels que le bromure de potassium, le chlorure, etc. L'un d'eux même, M. L. Cottin, de Belgique, compose tout simplement son appareil (destiné spécialement à éteindre les incendies d'automobiles) d'une fiole remplie de brome.

Comme ce procédé pour éteindre les incendies uniquement à l'aide de l'acide carbonique ou de l'acide sulfureux anhydre ne peut être utilement employé que dans certains cas spéciaux, on utilise le plus souvent ces gaz en dissolution dans une quantité suffisante d'eau. Cependant, même sous cette forme, ils ne donnent pas toujours un résultat bien satisfaisant si la surface à inonder est étendue. L'eau abandonne les gaz trop facilement, et ceux-ci se sont déjà dégagés en grande partie avant qu'elle ne soit arrivée au contact de la surface à éteindre. Le procédé Laurent serait plus efficace. Il consiste à projeter sur les surfaces enflammées un liquide qui produit une écume obtenue en faisant dissoudre de l'acide carbonique ou de l'acide sulfureux sous pression dans de l'eau rendue visqueuse par addition d'une matière appropriée telle que l'extrait de racine de réglisse. Les gaz, en se dégageant, d'ailleurs assez lentement, à cause de la viscosité, trans-

EXTINCTEUR A POUDRE THÉO, CONSTITUÉ PAR UN TUBE CREUX ÉVASÉ

Après avoir enlevé le couvercle de l'extrémité évasée, on la secoue sur le foyer d'incendie

forment l'eau en une masse d'écume très volumineuse qui reste à la surface des corps en ignition en même temps qu'elle continue à dégager les gaz non comburants ; elle ne donne pas lieu au phénomène de la caléfaction, et elle est, en outre, moins exposée à s'évaporer rapidement, parce qu'elle est rendue très mauvaise conductrice par la présence de très nombreuses bulles gazeuses dont le contenu intervient aussi activement pour amortir l'intensité du feu.

Le prix de revient de l'écume n'excéderait pas 6 centimes par seau de 15 litres.

Si l'on dispose de cylindres d'acide carbonique ou sulfureux liquéfié, et d'un récipient fermé dans lequel on a mis l'eau et les matières donnant la viscosité, il suffit de deux ou trois minutes pour préparer le liquide extincteur en assez grande quantité ; après avoir agité un peu le récipient, on ouvre le robinet et l'écume qui en sort peut être employée immédiatement. Si, au contraire, l'acide sous pression fait défaut, on ajoute à l'eau, déjà visqueuse, du bicarbonate de soude et un acide ; l'écume se forme aussitôt à l'air libre.

A Bakou et aux Etablissements Nobel, des essais ont été

mousse ou écume produite au moyen de liquides renfermant, l'un du bicarbonate de soude et de l'alun ou du sel de Glauber, l'autre certaines matières comme du jus de réglisse, qui sont projetés, en se mélangeant,

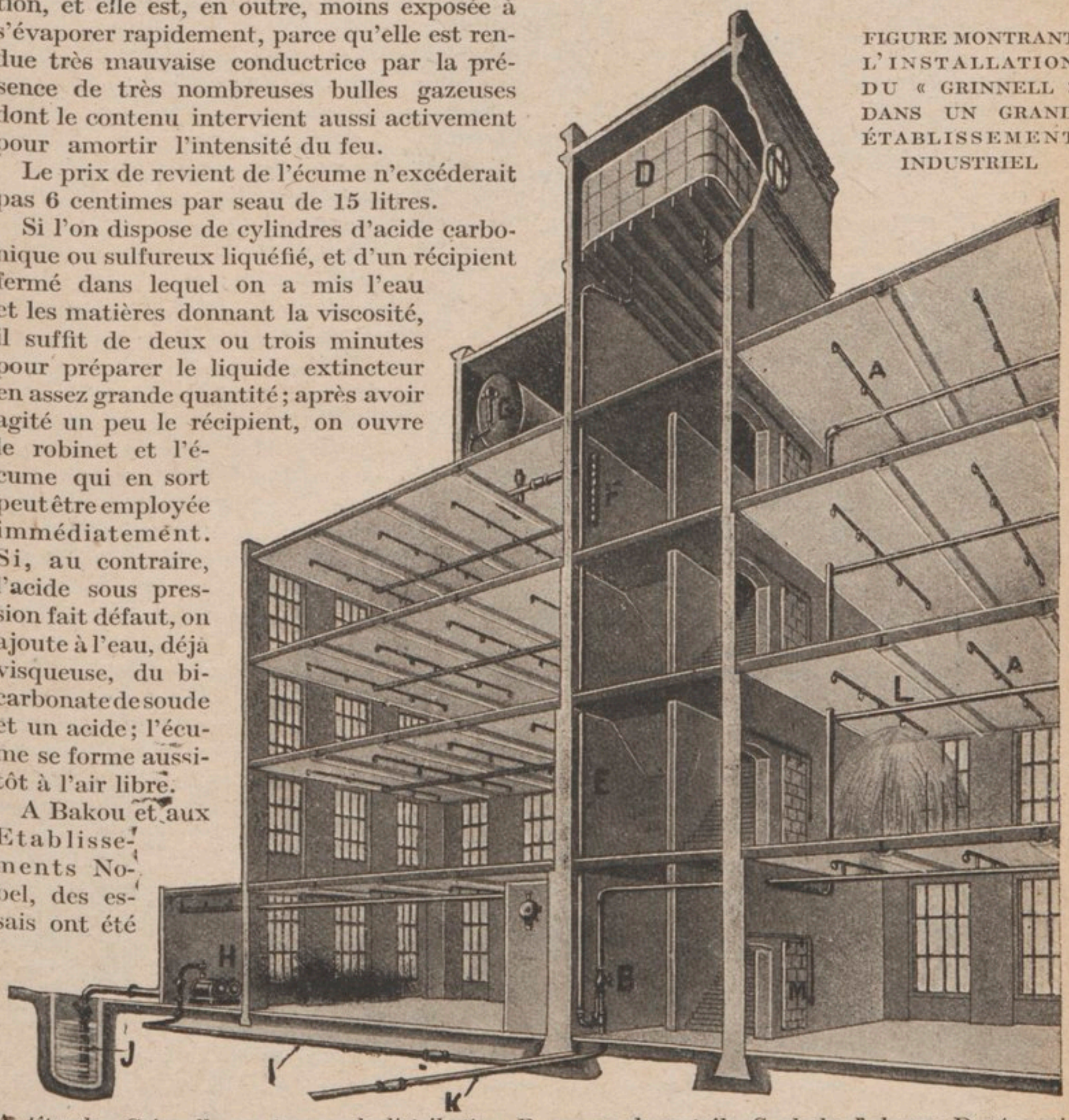


FIGURE MONTRANT L'INSTALLATION DU « GRINNELL » DANS UN GRAND ÉTABLISSEMENT INDUSTRIEL

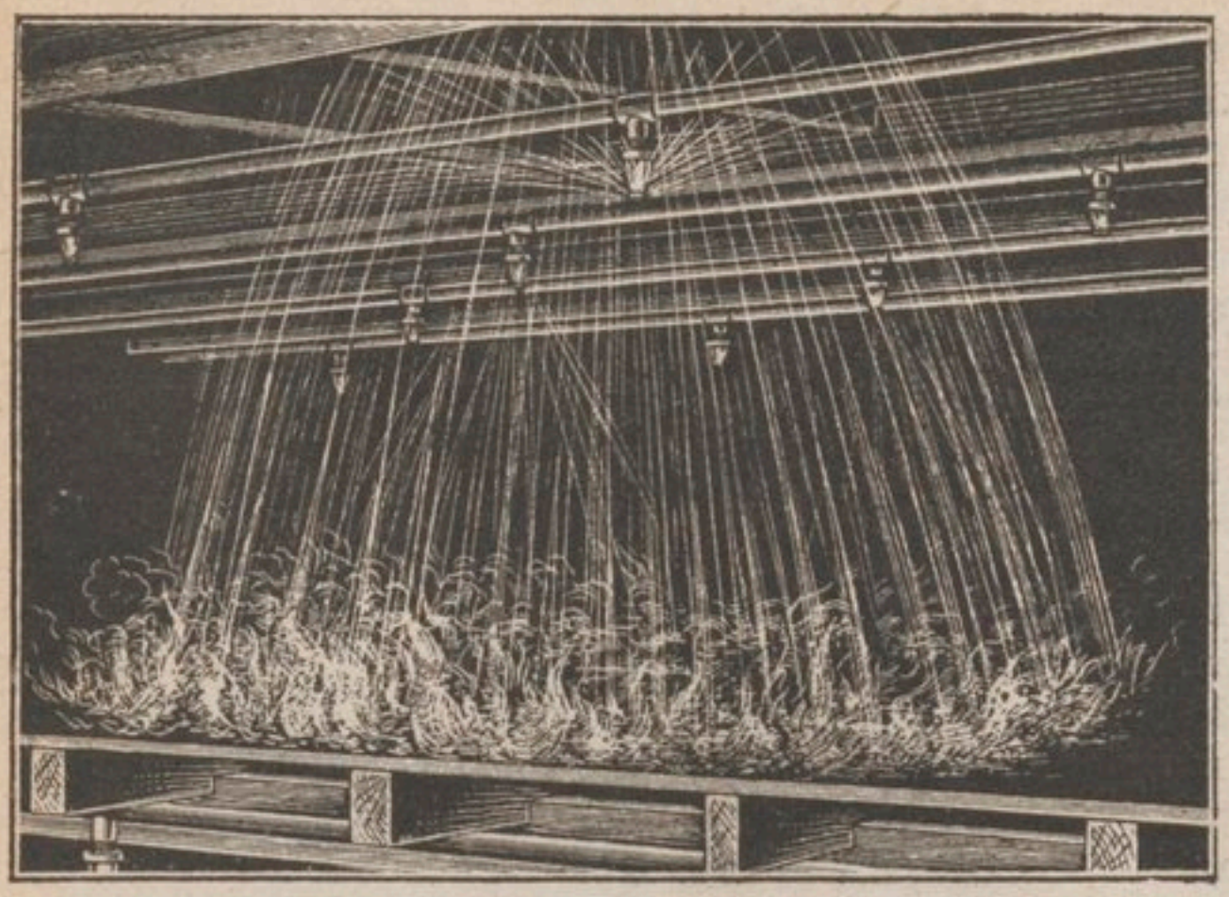
A, têtes de « Grinnell » sur tuyaux de distribution; B, *vannes de contrôle;* C, *cloche d'alarme;* D, *réservoir élevé;* E, *alimentation venant du réservoir;* F, *indicateur du niveau du réservoir;* G, *bac de pression;* H, *pompe à incendie;* I, *alimentation venant de la pompe à incendie;* J, *tuyau d'aspiration de la pompe;* K, *alimentation provenant des eaux de la ville;* L, *le « Grinnell » fonctionne;* M, *portes blindées.*

effectués par cet intéressant procédé pour maîtriser des incendies de réservoirs à pétrole. On a pu éteindre trois fois de suite une surface enflammée couvrant vingt-deux mètres carrés et un ruisseau de pétrole enflammé au moyen d'un simple arrosoir plein d'écume.

D'autres expériences eurent lieu à Rotterdam en 1912 pour l'extinction des feux de liquides facilement inflammables par la

à travers un dispositif spécial ou ajutage. Mais elles ne furent pas bien concluantes : les foyers ayant atteint un grand développement ne purent être complètement éteints.

Quoi qu'il en soit, certains fabricants introduisent actuellement dans leurs liquides, à côté des produits extincteurs ordinaires mentionnés d'autre part, des substances leur donnant une certaine viscosité et suscep-



EXTINCTEUR GRINNELL EN FONCTIONNEMENT

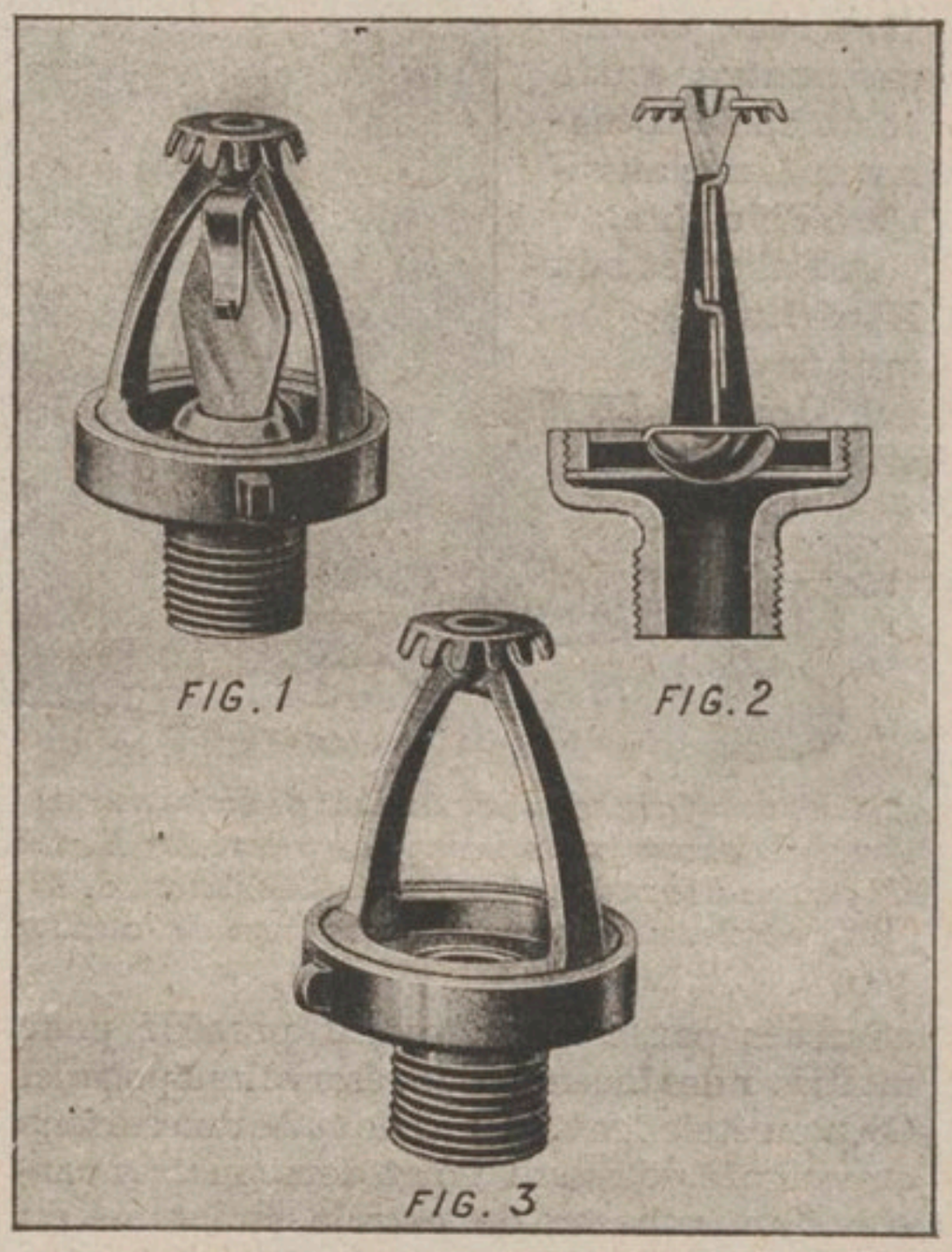
tibles de leur faire produire des mousses en plus ou moins grande quantité, et ils déclarent s'en trouver bien. Ou encore, ils composent leurs mélanges de poudres effervescentes (sulfite d'aluminium ou acide oxalique et bicarbonate de soude, bisulfite de soude et sulfate d'aluminium) additionnées d'extrait de bois de réglisse ou de panama ou simplement de savon, le tout dissous dans l'eau, ce qui donne un fort dégagement de gaz accompagné d'une production abondante de mousse qui se renouvelle sans cesse.

L'extincteur à acide carbonique en dissolution dans l'eau, en raison de la haute pression du gaz dissous, fonctionne seul, sans pompe ; il agit sans retard, dans un lieu quelconque. Le jet qu'il projette possède une triple puissance extinctrice, due à l'eau, au sel dissous, au gaz acide carbonique. Celui-ci ne sort de sa combinaison qu'au moment où l'eau, pulvérisée par le choc sur le corps frappé du jet de l'appareil, se divise en gouttelettes infiniment petites ; alors il enveloppe le corps enflammé, le soustrait au contact de l'oxygène de l'air et fait cesser immédiatement sa combustion ; de plus, l'acide carbonique, en passant subitement de l'état de dissolution à l'état gazeux, produit un refroidissement considérable, qui s'oppose à l'incandescence des objets environnants. Mais, pour agir ainsi, il faut qu'il soit employé en quantité suffisante, sinon son action extinctrice est faible et les résultats médiocres.

L'eau de l'extincteur contient souvent en dissolution, outre les gaz ou produits mentionnés plus haut, des sels qui se vitrifient instantanément à la surface des corps en ignition et les éteignent en les privant du contact de l'air. Les sels employés sont le borax, l'alun, les carbonates, sulfate et chlorhydrate d'ammoniaque, etc. Ces ignifuges dégagent en même temps des gaz qui, s'ajoutant à ceux normalement produits, créent une atmosphère totalement impropre à la combustion.

Les appareils dans lesquels le gaz carbonique est conservé en dissolution sous pression sont, il est vrai, susceptibles d'explosions, et souvent, d'autre part, l'acide carbonique, au bout d'un certain temps, filtre à travers les joints et le métal. Pour éviter ces deux inconvénients, on a créé des extincteurs dans lesquels ledit acide ne prend naissance qu'au moment où l'on doit s'en servir : les deux corps, carbonate et acide sulfurique, qui doivent lui donner naissance sont placés dans des compartiments différents ; pour les mettre en contact, on tourne une manivelle ou une clé spéciale commandant une soupape établissant la communication.

Le contact peut encore être établi tout simplement en retournant sens dessus dessous l'appareil, qui est dit alors à renversement.



TÊTES DU DISPOSITIF GRINNELL

Fig. 1, fermé : fig. 2, vue en coupe, l'arcade enlevée ; fig. 3, ouvert sur l'incendie.

Dans le *mata fuegos*, où l'acide carbonique est préparé au moyen d'un mélange de bicarbonate de soude et d'acide tartrique ou oxalique, et qui ressemble, par conséquent, à un grand siphon d'eau de Seltz, la dissolution renferme de l'alun qui vient se vitrifier sur les brandons de l'incendie et les empêche de se rallumer.

Les compositions de liquides extincteurs sont nombreuses, chaque fabricant ayant la sienne propre. En voici une brevetée par M. Vespérant :

Hyposulfite de soude, 100 grammes ; chlorure de calcium, 100 grammes ; chlorure de magnésium, 50 grammes ; chlorure de strontium, 10 grammes par litre d'eau. Elle est lancée, avec plus ou moins de force, au moyen d'un jet d'acide carbonique liquide.

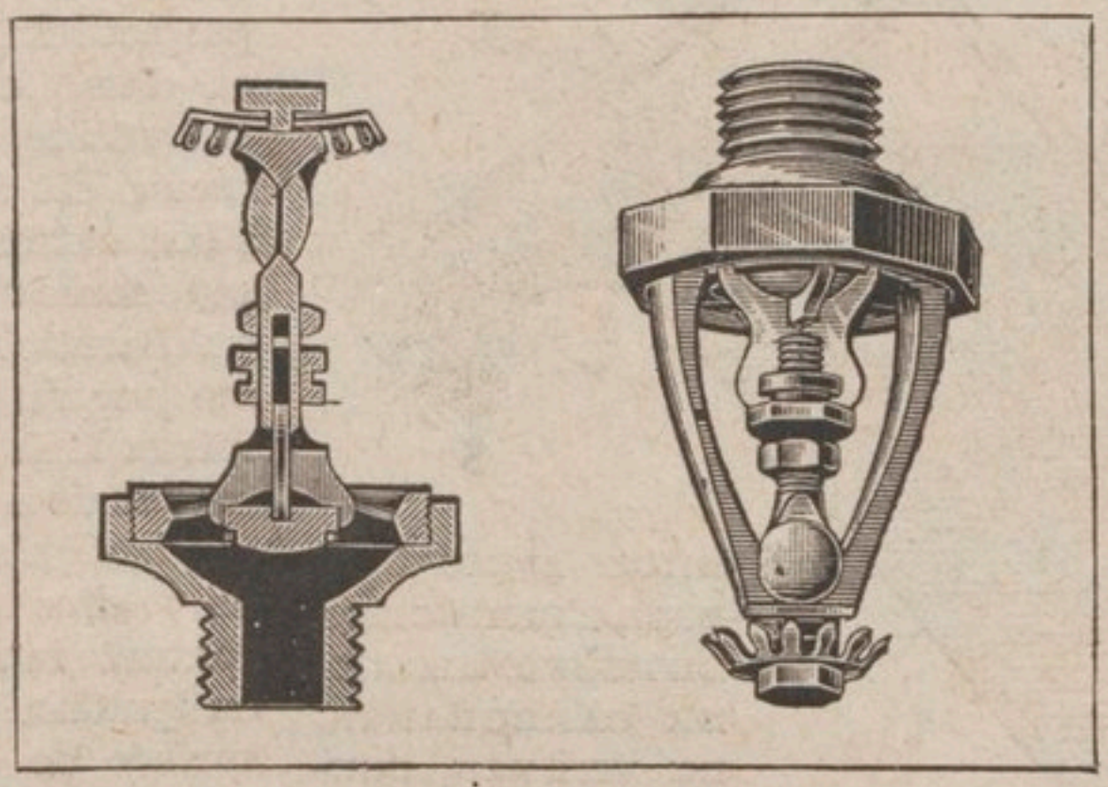
Cette autre, brevetée par M. Gaubert, a le mérite d'être assez économique, les produits qu'elle emploie étant peu coûteux :

Sel marin, 5 kilos ; sel ammoniac, 2 kilog. 500 ; chaux, 1 kilo ; acide sulfureux, 1 litre. Le tout pour 15 litr. d'eau. Elle sert surtout à charger des grenades extinctrices, dont nous parlerons un peu plus loin.

En 1912, la Société pour l'exploitation des procédés de l'abbé Daney s'est fait délivrer un brevet d'invention pour certains produits propres à éteindre les incendies et particulièrement les feux d'essence (incendies d'automobiles ou de tous autres véhicules à moteurs), de vernis, de résine, etc., et toute autre matière très inflammable. Ce sont :

1° Des dérivés chlorés de l'éthylène et de l'hétane : dichlorure, trichlorure, perchlorure d'éthylène, tétrachlorure, surtout le pentachlorure d'éthane ;

2° Des solutions obtenues en dissolvant dans un de ces liquides le brome l'iode, le soufre. l'hexachlorure d'éthane, le carbonate d'ammoniaque et plus particulièrement les carbonates et bicarbonates et les sels ammoniacaux, le sous-acétate de plomb et les sous-acétates en général, les sels des métaux alcalino-terreux, les sels de magnésium et d'aluminium ;



EXTINCTEUR AUTOMATIQUE SYSTÈME ADAM

A droite : tête entièrement montée, prête à fonctionner, représentée en demi-grandeur ; à gauche : coupe avec l'arcade enlevée.

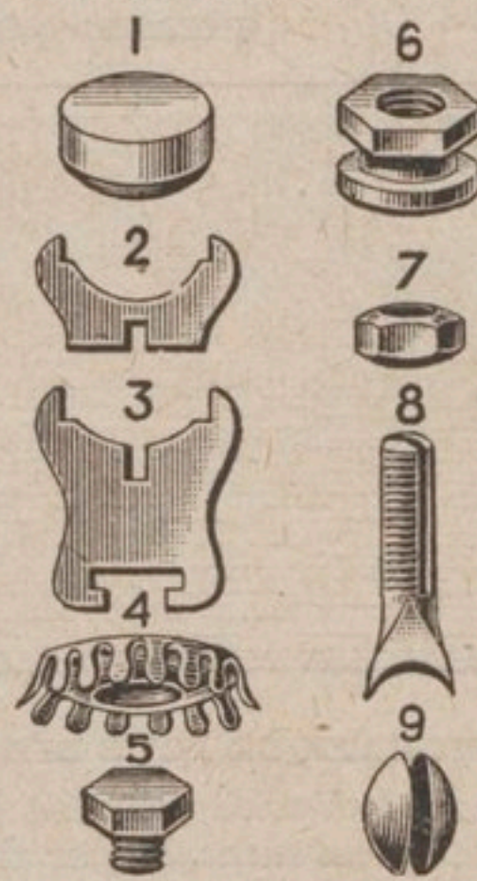
3° Des suspensions, dans ces mêmes dérivés halogénés, des phosphates, du talc, de la silice, de l'acide borique et du borax.

Les dérivés halogénés précédents, projetés sur un feu d'essence, donnent naissance à des vapeurs lourdes, incomburantes, asphyxiant les flammes par manque d'air. Ils ajoutent aux vapeurs incomburantes dues au liquide un dégagement de gaz ou de vapeurs également incomburantes, provenant soit de leur vaporisation, soit de leur décomposition, qui favorisent également l'extinction des commencements d'incendie : vapeurs de brome, etc.

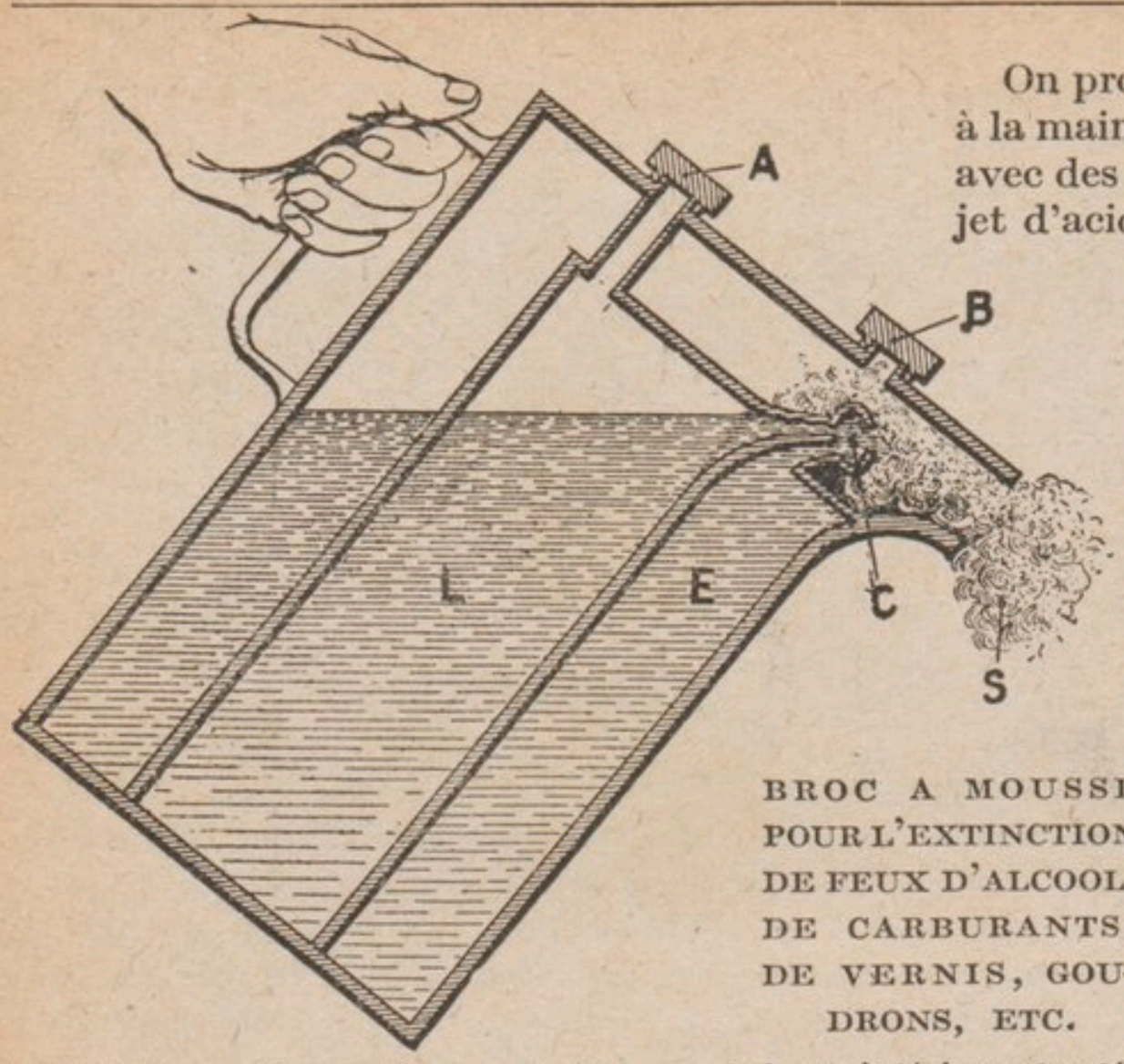
On donne ainsi les proportions (qui peuvent varier plus ou moins) des corps dissous ou en suspension dans un litre de solution :

Brome, 100 grammes ; iode, 100 grammes ; soufre, 50 grammes ; carbonate d'ammo-

PIÈCES MOBILES DE LA TÊTE DE L'EXTINCTEUR ADAM



1, *soupape en verre ;* 2 *et* 3, *pièces découpées permettant, au moyen des entailles ménagées, de se placer perpendiculairement l'une à l'autre en maintenant la soupape sur son siège ;* 6 *et* 8, *écrou à double embase et vis à l'aide desquels on peut, d'un côté, opérer le serrage de la soupape sur son siège, l'autre extrémité de la vis taillée en biseau s'appuyant sur la rondelle* 9 ; 7, *contre-écrou ;* 9, *rondelle en deux pièces réunies par une soudure dont la température de fusion est d'environ* 70° ; 4, *diffuseur, pièce dentelée sur laquelle le jet d'eau se brise et se résout en pluie tombant autour de l'appareil ;* 5, *vis de serrage du diffuseur sur la partie intérieure de l'arcade.*



BROC A MOUSSE POUR L'EXTINCTION DE FEUX D'ALCOOL, DE CARBURANTS, DE VERNIS, GOUDRONS, ETC.

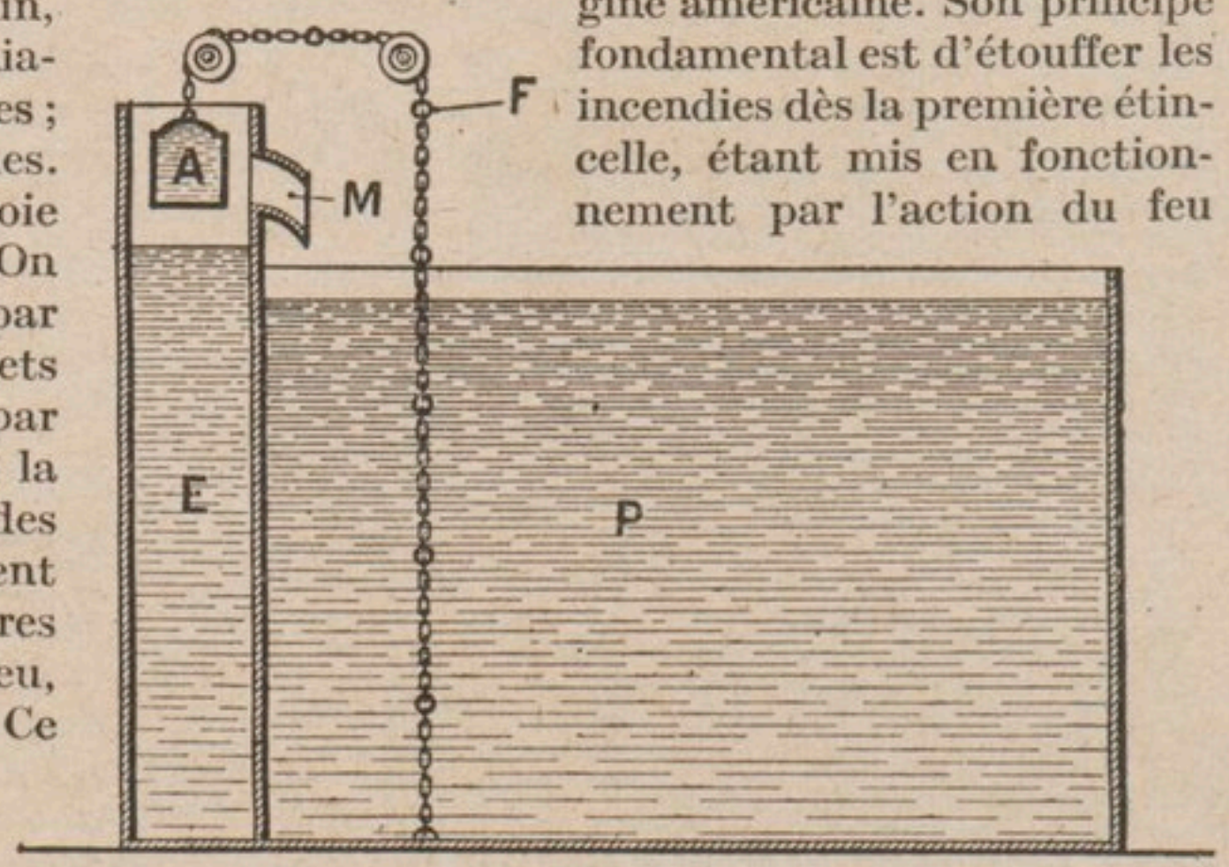
A *et* B, *trous de remplissage des deux récipients intérieur et extérieur ;* E, *liquide alcalin et savonneux du récipient extérieur ;* L, *acide ou eau fortement acidulée ;* C, *orifices de sortie des deux liquides et chambre où s'opère leur mélange fournissant la mousse;* S, *mousse extinctrice projetée sur le foyer de l'incendie.*

niaque, 70 grammes ; acétate de plomb, 80 grammes ; hexachloréthane, 500 grammes; chlorure de calcium, 100 grammes ; sulfate d'alumine, 300 grammes; alun, 100 grammes; phosphate d'ammoniaque, 40 grammes; talc, 60 grammes; acide borique ou borax, 60 grammes.

Au lieu de dissolutions, on emploie parfois des poudres extinctrices. On ne risque pas ainsi de détériorer par le contact d'un liquide des objets fragiles ou délicats. Elles dégagent par la chaleur, par leur contact avec la flamme ou les corps en ignition, des gaz non comburants et elles forment à la surface de ces derniers des verres qui les soustraient à l'action du feu, leur conférant l'incombustibilité. Ce sont généralement des mélanges de substances dont nous avons nommé plus haut les principales et qui entrent dans la composition des liquides extincteurs : carbonate et bicarbonate de soude, sel marin, sel de Glauber, phosphate et autres sels d'ammoniaque, alun, borax, sulfite de soude, bromure et chlorure de potassium, cyanates et sulfocyanates alcalins, tungstate de soude, etc., mélangés ou non à de l'argile, de la terre de pipe, de la pierre ponce, de l'ocre.

On projette ces poudres dans les feux, soit à la main, dans des cartouches en papier, soit avec des soufflets spéciaux, ou encore par un jet d'acide carbonique sous pression. On les lance aussi parfois comme des projectiles à l'aide d'un pistolet et d'une cartouche à poudre. On utilise également un tube creux, dit appareil Théo, évasé à son extrémité. En le secouant avec force sur le foyer, la poudre qu'il contient tombe sur la flamme jusqu'à ce que celle-ci disparaisse. Mais l'emploi des poudres extinctrices ne peut guère être efficace qu'au début d'un incendie ; elles doivent arriver en contact intime avec les objets en ignition et recouvrir toute la surface de ceux-ci pour que le feu soit susceptible de s'éteindre.

Pour en revenir aux appareils extincteurs, on peut les classer aujourd'hui en diverses catégories, dont les principales sont les systèmes automatiques, les systèmes non automatiques, les appareils portatifs et les grenades. Les premiers sont peu nombreux ; le type le plus ancien est désigné sous le nom de Grinnell, d'origine américaine. Son principe fondamental est d'étouffer les incendies dès la première étincelle, étant mis en fonctionnement par l'action du feu



EXTINCTEUR AUTOMATIQUE POUR RÉSERVOIR A PÉTROLE

E, *colonne contenant le liquide destiné à produire la mousse ;* A, *acide dans un récipient suspendu par une chaîne;* F, *un des anneaux en métal fusible placés de distance en distance sur la chaîne ;* M, *orifice de sortie de la mousse produite ;* P, *pétrole dans le réservoir à protéger. — Si le pétrole (ou tout autre combustible liquide) prend feu, la flamme fera fondre instantanément un des anneaux en métal fusible de la chaîne; le récipient à acide* A, *n'étant plus soutenu, tombera dans le liquide* E; *le mélange formera de la mousse en abondance qui sortira par* M *et tombera à la surface du pétrole dont les flammes, privées ainsi du contact de l'air, seront vite étouffées.*

lui-même. Il ne demande ni l'aide ni la présence de personne pour être mis en marche. (Fig. 117).

Munir un immeuble d'extincteurs automatiques, c'est couvrir les plafonds d'un réseau de tuyaux dans lesquels se trouve de l'eau sous pression. Sur eux sont disposés les appareils, espacés de 2 m. 50 à 3 mètres, de façon qu'il n'y ait pas un seul coin de l'édifice qui ne soit sous le rayon d'action de l'un d'eux.

Ces appareils sont, en somme, de petites bouches d'incendie de construction spéciale, fermées par des obturateurs inoxydables tenus en place par des leviers soudés au moyen d'un alliage fusible à 68°. Dès que cette température est atteinte, la fusion de la soudure s'opère et l'appareil s'ouvre. Sa sensibilité est telle qu'il fonctionne généralement moins de deux minutes après le commencement du feu. L'eau, jaillissant par un orifice de 12 millimètres, vient frapper un diffuseur et se répand en pluie sous forme de gerbe sur une surface utile de 9 mètres carrés environ. L'efficacité du procédé ayant fait ses preuves, il s'est rapidement répandu dans les divers pays, et, aujourd'hui, plus de 30 millions de ces petits appareils sont en service sur 150.000 installations. L'alliage fusible est composé de 50 % de bismuth, 25 de plomb, 13 de cadmium, 12 d'étain. Le système Adam est formé, comme le précédent, par une bouche d'eau adaptée au plafond d'un local en communication, à l'aide d'un tuyautage, avec une source d'eau en pression. Cette bouche est fermée hermétiquement par une soupape qui doit s'ouvrir automatiquement à une température donnée, et qui se compose d'une pièce à six pans, en bronze, dont la partie supérieure est constituée par un tube fileté, lequel permet son vissage sur le raccord de la tuyauterie de distribution d'eau ; une seconde pièce, en forme d'arcade, également en bronze, se visse sur la précédente de façon à serrer entre elles un diaphragme horizontal en nickel. Ce diaphragme est percé en son milieu d'un orifice circulaire de 12 millimètres de diamètre, lequel est bordé par une garniture en métal blanc qui constitue le siège de la soupape. Celle-ci est en verre, et elle est appliquée sur ledit siège au moyen de diverses pièces, dont

LE « MATA-FUEGOS » PORTÉ A DOS

L'appareil est représenté ici en plein fonctionnement pour l'extinction d'un commencement d'incendie de minime importance dans un appartement.

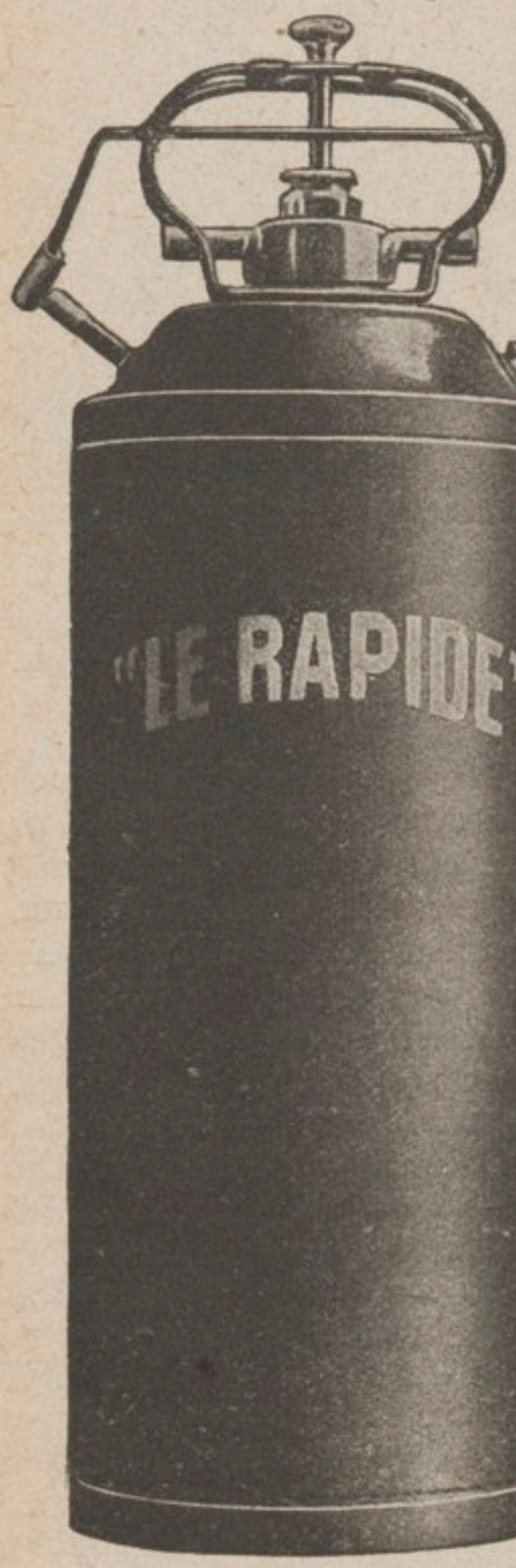
une rondelle fusible, que l'on peut voir représentées avec tous leurs détails à la page 119, et qui viennent buter par leur autre extrémité sur la partie inférieure de l'arcade.

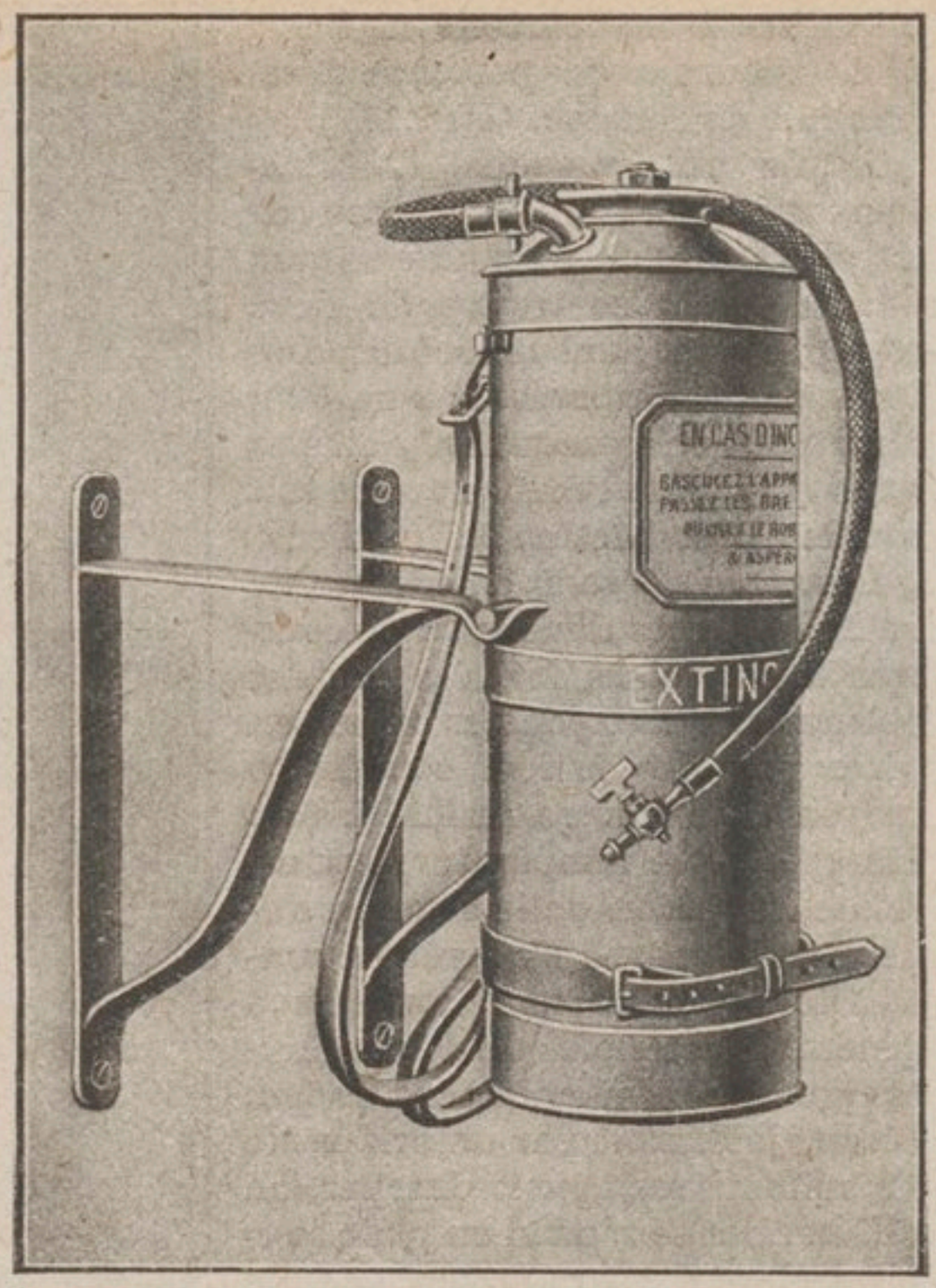
Le fonctionnement de l'appareil est très simple : si la température s'élève et atteint 70 degrés, la matière fusible de la rondelle fond ; les deux pièces de cette rondelle s'écartent alors avec une violence d'autant plus grande que la pression de l'eau, qui agit par l'intermédiaire du diaphragme et des pièces de butée, lui vient en aide. Dès lors, l'ensemble rigide constitué par les pièces mobiles n'étant plus soutenu, tombe et découvre l'orifice du diaphragme. A partir de cet instant, l'eau sous pression jaillit et arrose d'une façon continue tout ce qui se trouve dessous et autour de l'extincteur.

Dans un autre système, la canalisation contient au lieu d'eau, de l'acide carbonique

sous pression, lequel, on le sait, est éminemment propre à éteindre les corps en combustion, et qui provient d'un poste central. Quand la chaleur d'un commencement d'incendie fait fondre le fusible, l'acide carbonique envahit le local à protéger et y rend la combustion impossible — à la condition, comme on l'a dit plus haut, qu'il le remplisse complètement.

Il existe aussi des extincteurs automatiques à mousse, montés près des réservoirs à pétrole ; ils se composent d'une colonne contenant de l'eau de savon et du bicarbonate de soude. Au sommet, un récipient d'acide sulfurique est suspendu au moyen d'une chaîne, portant de distance en distance des anneaux en métal fusible, et qui va s'attacher dans le fond du réservoir ; si le pétrole s'enflamme, la chaleur fond les anneaux fusibles, le récipient libéré tombe dans le liquide alcalin et savonneux, la mousse se forme, remplit le haut de la colonne, et, passant par l'ajutage, tombe dans le réservoir en feu. (Se reporter à la figure détaillée p. 120).



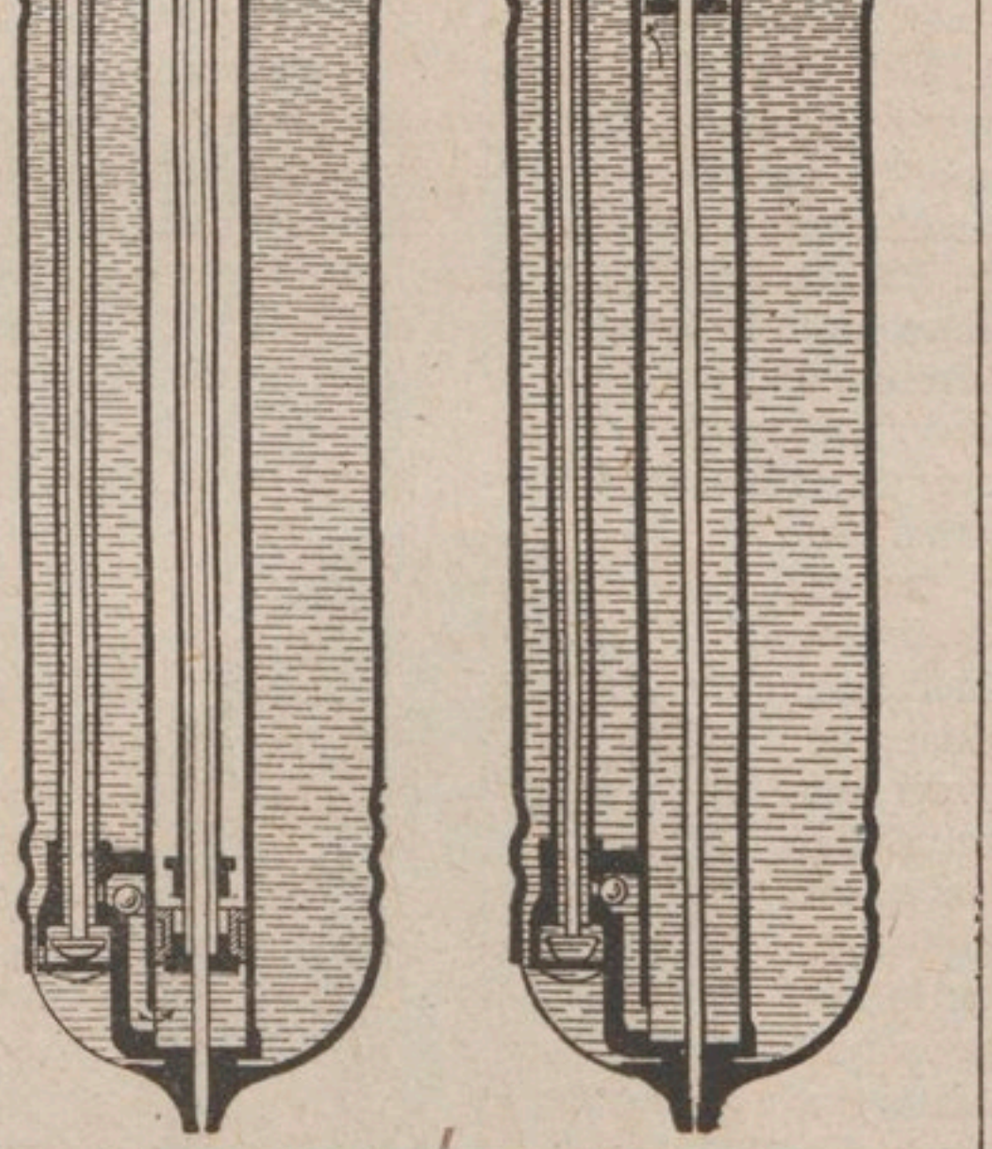


AUTRE TYPE D'EXTINCTEUR SE PORTANT A DOS

Les autres extincteurs portatifs, inventés en France par MM. Carlier et Vignon, et exploités d'abord par M. Banolas, qui les réimporta d'Espagne sous le nom de *mata-fuegos*, sont des récipients cylindriques ou coniques, dont les grands modèles peuvent être portés à dos d'homme au moyen de bretelles, pourvus à leur partie supérieure d'un

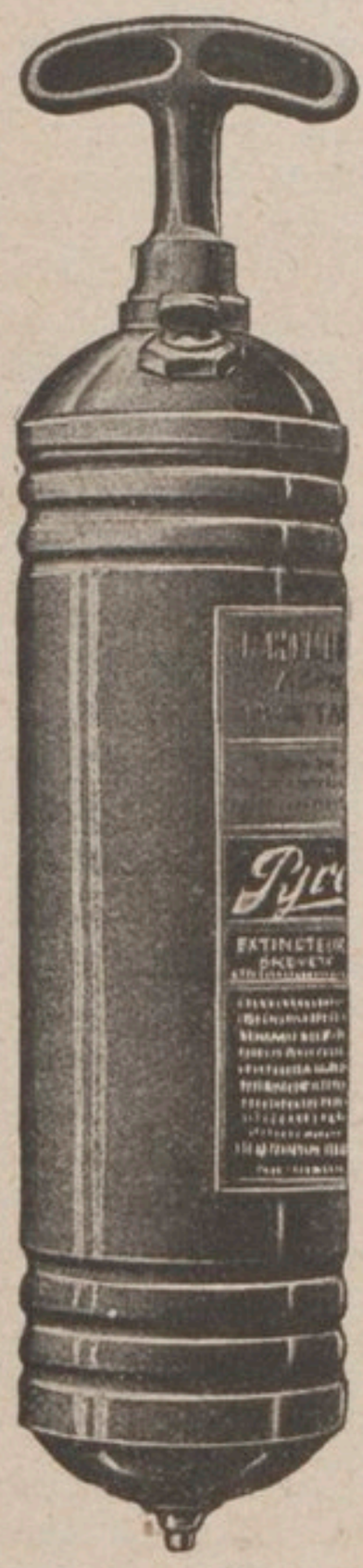
APPAREILS EXTINCTEURS ET GRENADE EXTINCTRICE SYSTÈME FLEURY-LEGRAND

tuyau muni d'une lance, lequel est souvent remplacé par un siphon. Un bouchon fileté sert à la fermeture hermétique et au remplissage. Le liquide contenu dans l'appareil ne doit être mis sous pression qu'au moment de la découverte d'un commencement d'incendie; à cet effet, l'eau du récipient est rendue alcaline, tandis qu'une bouteille fragile, contenant un acide, est prête pour déterminer la réaction chimique convenable. Un incendie éclate-t-il, on brise brusquement la bouteille d'acide, et la réaction de celui-ci sur le bicarbonate de soude en dissolution produit un dégagement abondant d'acide carbonique qui met sous pression l'eau de l'appareil. Le mélange de l'eau et de cet acide est alors projeté sur le foyer d'incendie. Tel est le principe qui subit, comme on va le voir, bien des modifications, car il existe actuellement un certain nombre de modèles d'extincteurs portatifs, lesquels se distinguent les uns des autres par diverses particularités, telles que le mécanisme qui sert à briser la bouteille d'acide, la façon de mettre en contact celui-ci avec le liquide alcalin, etc. Dans le système de M. de Mauclerc, le récipient contenant une dissolution de bicarbonate de soude est sur-



COUPES MONTRANT LE FONCTIONNEMENT DE LA FOMPE A DOUBLE EFFET DU « PYRÈNE »

Fig. 1, la soupape inférieure est ouverte et la soupape supérieure fermée. En tirant vers le haut la tige du piston, le liquide est aspiré à travers la soupape à bille, au bas du corps de pompe dans lequel se meut le piston, et le remplit. — Fig. 2, course descendante; le liquide est aspiré dans la partie supérieure de la pompe à travers la soupape à bille supérieure qui est maintenant ouverte (l'inférieure étant fermée); le corps de la pompe et le tube de la tige du piston sont remplis. *(Voir à la page suivante la figure 3.)*



LE PYRÈNE
Vue en élévation.

LE PYRÈNE
Coupe partielle.

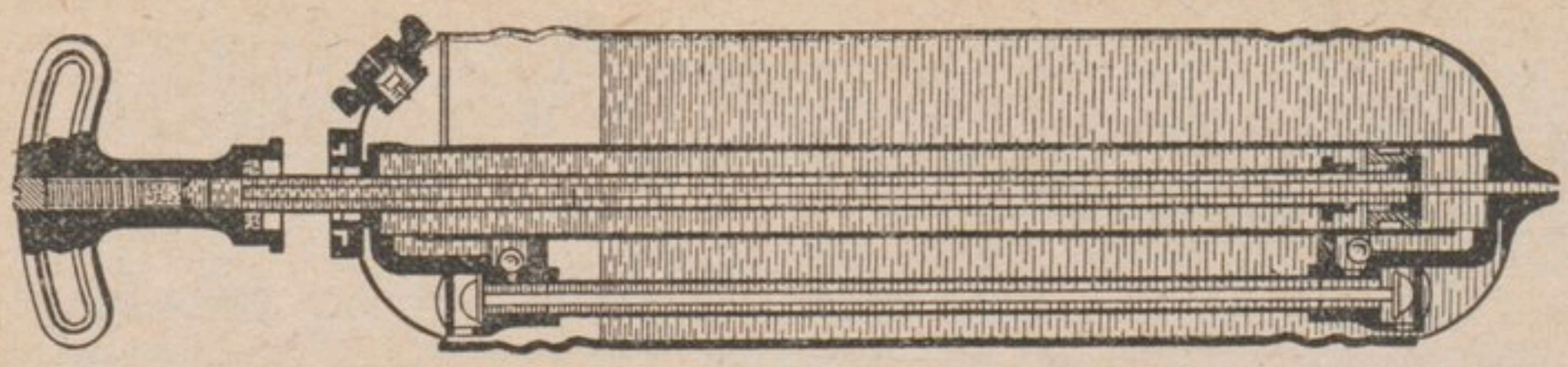


FIG. 3. — SCHÉMA MONTRANT LE TROISIÉME TEMPS DU FONCTIONNEMENT DE LA POMPE A DOUBLE EFFET DU « PYRÈNE »

Cette figure doit être vue dans son sens vertical, la poignée en haut ; elle représente la seconde course montante du piston. Le liquide contenu dans le tube de la tige dudit piston est refoulé dans le tube de sortie, à son sommet, et de là, à l'injecteur d'où il est projeté.

monté d'une sphère métallique creuse s'ouvrant et se fermant à l'aide d'un bouchon de bronze. Une fois la sphère dévissée, ce bouchon est retenu par une tige mobile surmontée d'une clavette d'arrêt. Après avoir versé dans ladite sphère de l'acide tartrique, on visse le bouchon en bronze pou la fermeture, puis on monte la sphère sur l appareil en la vissant à droite de deux tou s environ jusqu'à ce qu'on éprouve une résistance produite par la rencontre du bouchon avec une butée. Pour mettre l'appareil en pression en cas d'incendie, on visse à fond la sphère ; de cette façon, le réservoir est fermé hermétiquement, mais, en raison des pas contraires de la sphère et du bouchon, celui-ci se dévisse sous la résistance imprimée par la butée. Les deux réactifs se mélangent à l'instant et l'appareil entre aussitôt en pression ; on obtient, au bout de quelques secondes, un jet violent qui peut aller jusqu'à dix mètres de hauteur.

C'est là, si l'on peut dire, l'appareil-type. Ceux qui l'ont suivi ont été modifiés d'une façon plus ou moins heureuse et plus ou moins importante, chaque constructeur ayant son modèle propre.

Le premier qui ait été construit en France est le « Rapide », du système Fleury-Legrand. Sa grande simplicité, son absence de tuyaux qui sèchent ou crèvent, et de mécanisme intérieur, sa sécurité, car il n'y a pas d'explosion possible ni d'oxydation à craindre, l'eau saturée ne se trouvant pas en contact direct avec le bouchon, en font un appareil extrêmement pratique, toujours prêt à fonctionner dans le minimum de temps.

L'« AUTOMATIC » AU REPOS
(Voir la figure suivante.)

Le Pyrène, de MM. Phillips et Pain, possède aussi de bonnes qualités. Le liquide qu'il lance, exposé à une température de 63 degrés ou plus, se transforme immédiatement en une couche de gaz lourd, sec, cohérent, non délétère, qui entoure la matière en combustion et étouffe le feu en l'isolant de l'air nécessaire à son entretien. Il est formé par une combinaison de matières purement organiques, sans acide, ni alcali, ni sels, et, par conséquent, ne peut tacher les tissus les plus délicats ni détériorer les objets sur lesquels il est projeté. Il est, de plus, non conducteur de l'électricité et éteint rapidement un arc à haute tension causé par un court-circuit sans endommager les appareils électriques les plus délicats.

L'appareil de lancement est une pompe à double effet dont le fonctionnement peut être pris comme type de ce genre d'engin, et qui, à ce titre, mérite une description spéciale (fig. p. 123 et 124).

Supposons le grand récipient plein de liquide et son bouchon vissé. Les clapets flottants de la longue tige à gauche et les soupapes secondaires à vis sont fixés, en haut et en bas, au corps de pompe central au moyen

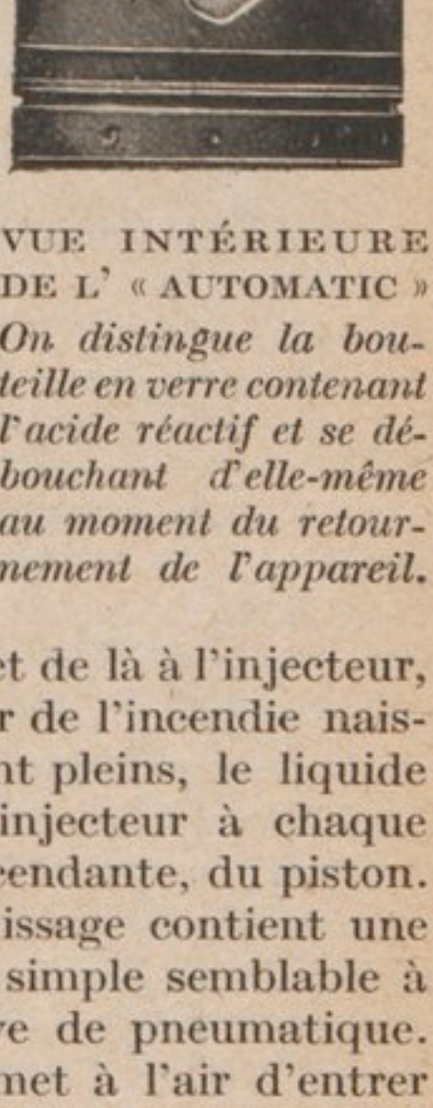
L'« AUTOMATIC » TENU RENVERSÉ PAR LA POIGNÉE DU FOND

de deux colliers. Ce corps de pompe peut tourner librement autour de son axe. Quelle que soit la position dans laquelle on tient l'extincteur, les soupapes d'entrée sont toujours au-dessous de la pompe, et au moins une d'entre elles est toujours submergée, car elles tournent sous l'action de leur propre poids. La tige qui supporte les clapets flottants est plus longue que le tube dans lequel elle coulisse ; la pesanteur maintient donc la soupape inférieure ouverte et la soupape supérieure fermée ou *vice versa*, selon la position dans laquelle on tient l'extincteur. En raison de ces deux conditions, le liquide est toujours aspiré depuis la partie la plus basse du récipient qui le contient. Lorsque la tige du piston, avec la soupape coulissante à son extrémité inférieure, est tirée vers le haut au moyen de la poignée, un vide partiel se produit dans le corps de pompe dans lequel se meut le piston. Cette dépression aspire le liquide à travers la soupape à bille au bas du corps de pompe.

Au bout de la première course ascendante, le liquide extincteur remplit complètement ce tube extérieur.

Au commencement de la course descendante, le liquide contenu dans le corps de pompe trouve accès dans la tige du piston creuse en passant à travers la soupape coulissante du piston. La pression du liquide dans le corps de pompe fait fermer la soupape à bille inférieure, poussant le liquide de la pompe dans le tube de la tige du piston. Pendant la même course, le liquide est aspiré dans la partie supérieure de la pompe à travers la soupape à bille supérieure, qui est alors ouverte. Au bout de la course descendante, le corps de pompe et le tube de tige du piston sont remplis, et le piston est prêt pour la seconde course montante.

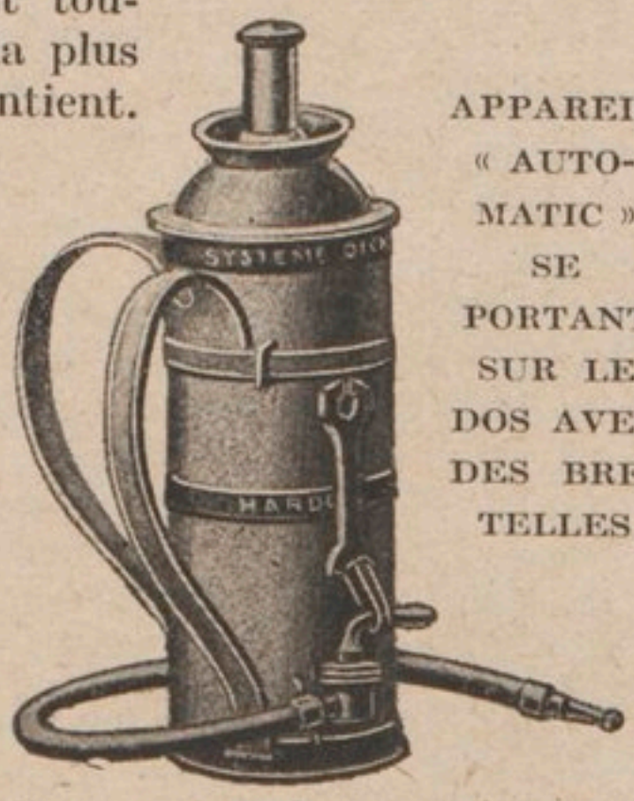
Le mouvement du liquide est alors semblable à ce qu'il était pendant la première course, sauf que le corps de pompe et le tube de tige de piston sont pleins au lieu d'être vides. Le liquide du tube de tige de piston est à ce moment refoulé dans le tube de sortie à son sommet et de là à l'injecteur, qui le répand sur le foyer de l'incendie naissant. Tous les tubes étant pleins, le liquide est projeté à travers l'injecteur à chaque course, montante et descendante, du piston.



VUE INTÉRIEURE DE L'« AUTOMATIC »

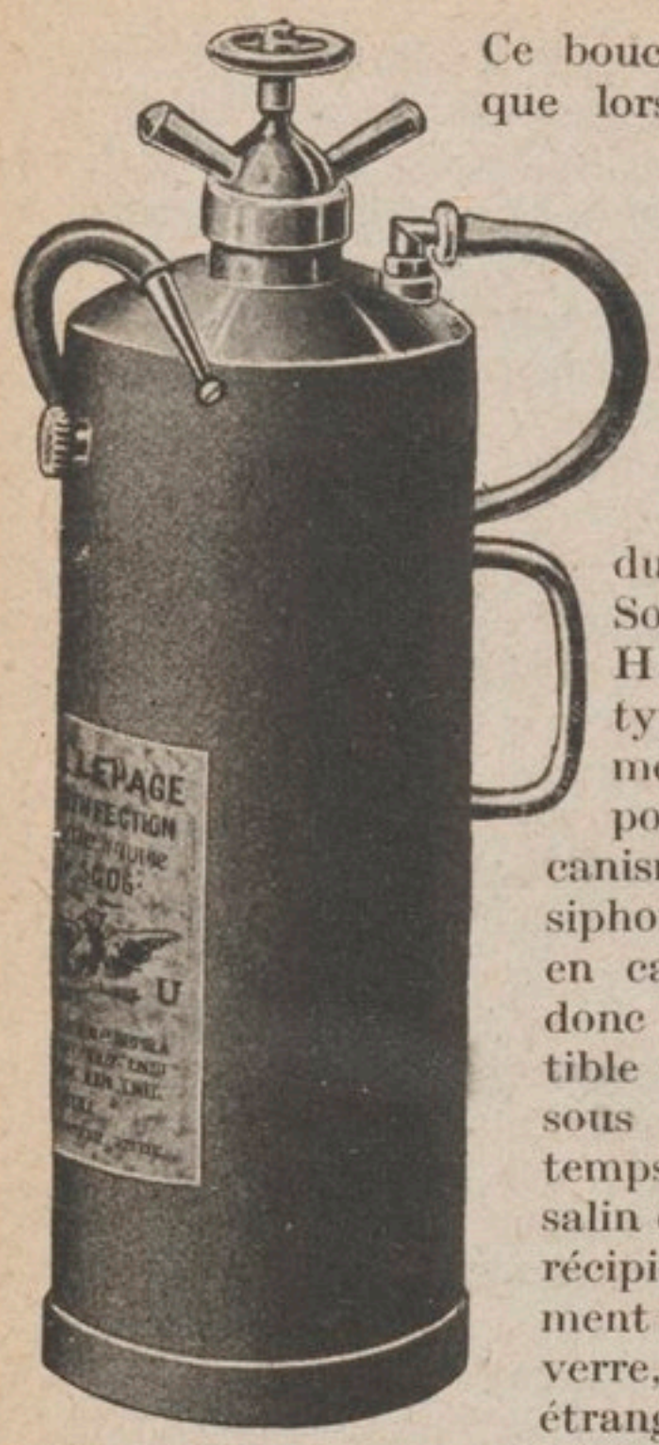
On distingue la bouteille en verre contenant l'acide réactif et se débouchant d'elle-même au moment du retournement de l'appareil.

Le bouchon de remplissage contient une soupape simple semblable à une valve de pneumatique. Elle permet à l'air d'entrer et de combler le vide partiel causé par l'éjection du liquide, empêchant ainsi la pompe de manquer d'air, mais elle prévient l'évaporation lorsque l'extincteur n'est pas en usage, le bouchon étant pressé contre l'ouverture par un ressort. La poignée est creuse et contient un ressort agissant sur un bouchon de liège enfermé dans un chapeau en laiton qui presse sur l'ouverture supérieure du tube de sortie.



APPAREIL « AUTOMATIC » SE PORTANT SUR LE DOS AVEC DES BRETELLES

Il peut contenir jusqu'à 45 litres de liquide extincteur.



EXTINCTEUR LEPAGE

Cet appareil entre en fonctionnement au moyen d'une cartouche d'acide carbonique liquide qui est placée à l'intérieur.

Ce bouchon, qui n'agit que lorsque la poignée est tournée dans la plaque de blocage, empêche l'évaporation du liquide à travers le tube de sortie.

L'extincteur du système de la Société française Harden est du type dit à renversement ; il ne comporte donc ni mécanisme, ni ressort, ni siphon, ni obturateur en caoutchouc, rien donc qui soit susceptible de se détériorer sous l'influence du temps et du liquide salin contenu dans le récipient, mais seulement une bouteille en verre, pourvue d'un étranglement dans lequel pénètre à force-ment une pièce qui la maintient fixe dans le haut ; elle contient l'acide sulfurique, lequel se renversera sur le mélange d'eau saturée et de bicarbonate de soude pour produire la réaction nécessaire engendrant l'acide carbonique quand, au moment de s'en servir, on retourne l'appareil. Son maniement est, par conséquent, d'une simplicité enfantine, et le liquide extincteur qu'il lance atteint une distance de dix à douze mètres.

Dans un autre modèle des mêmes fabricants, destiné aux automobiles et aux canots, la chute de l'acide sur le bicarbonate de soude est obtenue en brisant, d'un coup de poing donné sur le bouton de la tige d'un piston qui fait saillie au sommet, la bouteille de verre mince qui le contient.

L'extincteur Lepage fonctionne par une cartouche d'acide carbonique liquéfié, ce qui supprime les inconvénients de l'emploi de solutions alcalines. L'eau projetée n'a plus d'action corrosive ; elle ne forme aucun dépôt dans l'appareil ni de sels grimpants susceptibles d'obstruer les tubes et de causer ainsi des accidents pouvant être graves (fig. à gauche).

Pour combattre les incendies d'automobiles de pétrole, d'essence, de goudron, d'alcool et autres produits très inflammables, le liquide extincteur employé est le tétrachlorure de carbone, dont il sera dit quelques mots plus loin.

L'Antiflamme, de M. Baldou, est un appareil à pression produisant le gaz acide carbonique par la réunion de deux liquides, mélange qui n'a lieu qu'au moment où l'on frappe sur un bouton qui fait saillie au sommet de l'appareil, ce qui occasionne le bris de la fiole de verre contenant l'un des liquides (l'acide). Sa charge se conserve ainsi inaltérable indéfiniment, et il est toujours prêt à fonctionner. Un régulateur de pression le rend sans danger, et, régularisant la réaction, donne une production constante, toujours la même, de gaz acide carbonique jusqu'à la fin du jet de liquide ignifuge qui, projeté instantanément, dure deux minutes environ. Le gaz incombrant, plus lourd que l'air, qui recouvre aussitôt les objets enflammés, se substitue à l'oxygène

L'« ANTIFLAMME »

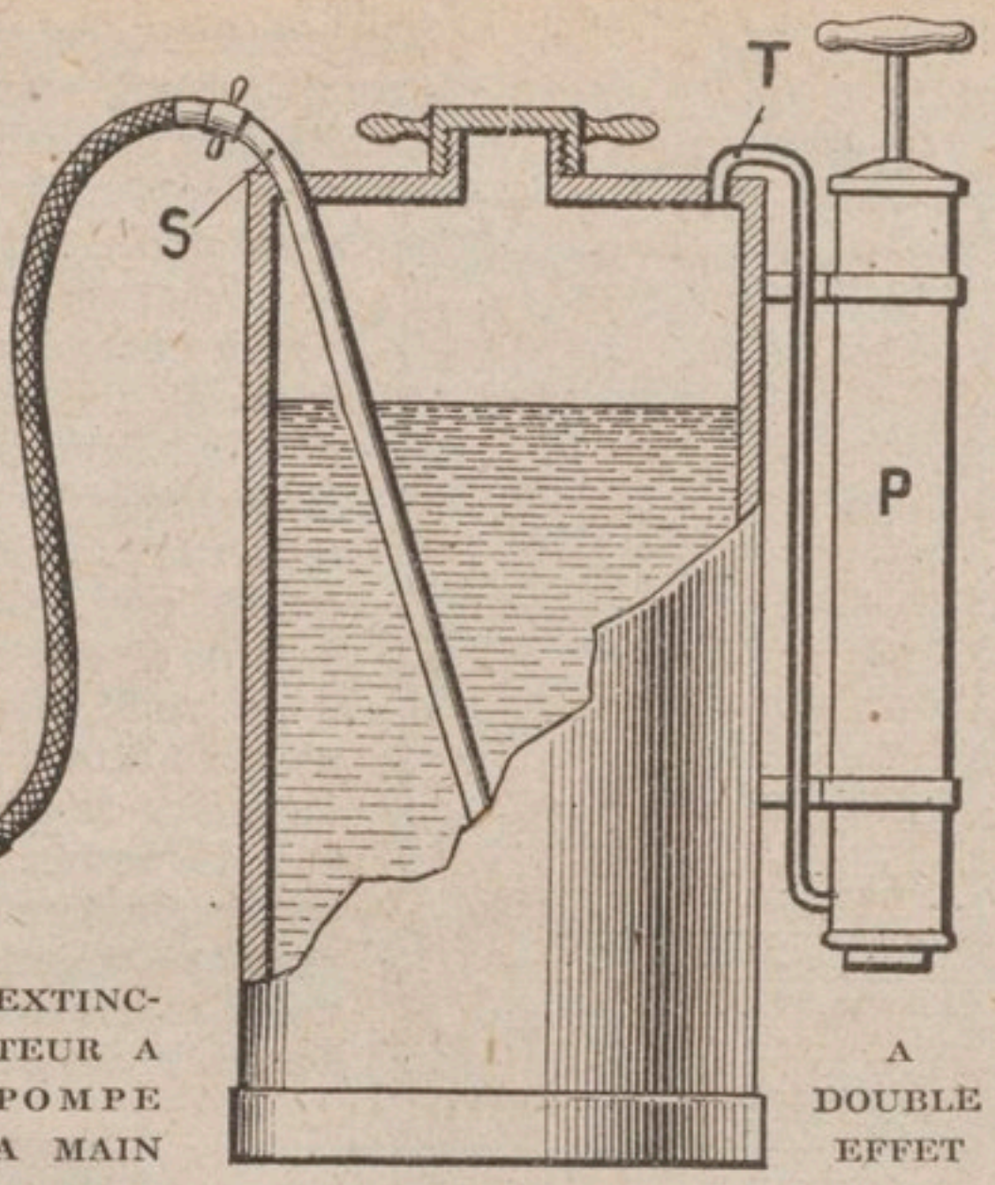
Il fonctionne par pression d'acide carbonique produit par le mélange de deux liquides quand on frappe sur le bouton du sommet.

APPAREIL DE L'ABBÉ DANEY

Il fonctionne par pression d'acide carbonique comprimé liquide dans une bouteille (que l'on voit par le déchirement partiel de l'enveloppe) et projection de liquide extincteur ignifugeant. N'étant point à renversement, il est muni d'un tube plongeur avec jet d'évacuation sans robinet. La bouteille de gaz s'ouvre par le jeu facile d'un percuteur à vis et d'un presse-étoupe.

et provoque l'extinction de toute flamme.

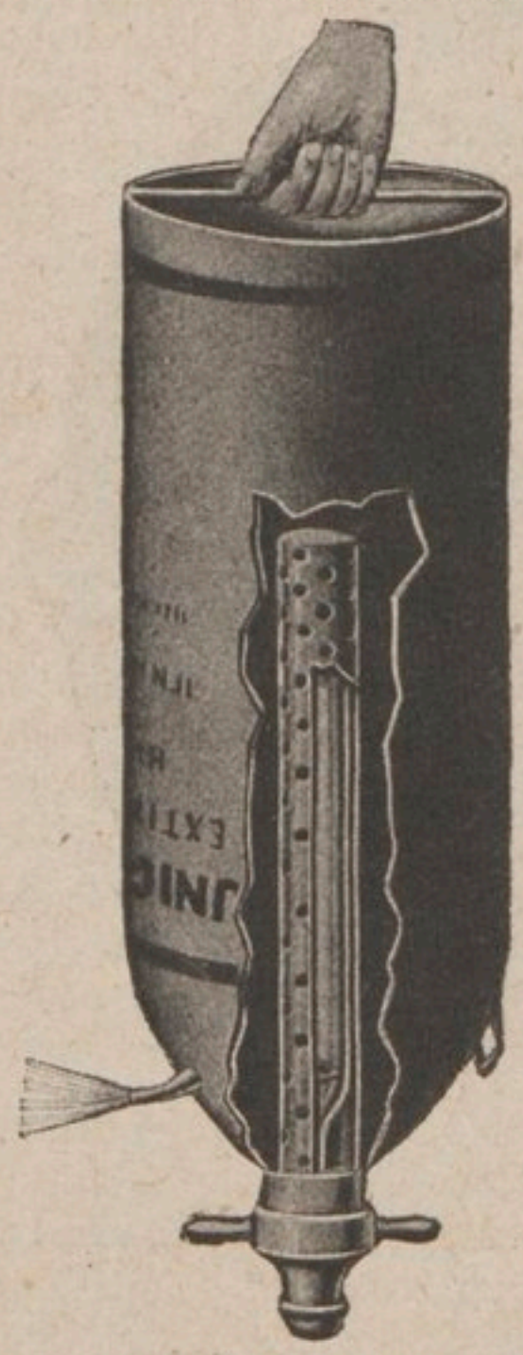
L'appareil de l'abbé Daney fonctionne par pression d'acide carbonique liquéfié contenu dans une bouteille en acier et projection d'un liquide extincteur ignifugeant. Cette bouteille se place dans l'intérieur du récipient, dont le bouchon de fermeture porte un dispositif spécial destiné à la recevoir et à la maintenir solidement en place, et un autre dispositif pour assurer son ouverture au moment voulu par le jeu d'un percuteur à vis et d'un presse-étoupe pour éviter les pertes de pression possibles.



EXTINCTEUR A POMPE A MAIN A DOUBLE EFFET

P, *pompe donnant la pression dans le récipient contenant le liquide extincteur ;* T, *tube de communication ;* S, *siphon plongeant dans le récipient et terminé par une lance montée sur un tube souple.*

L'appareil fonctionnant dans la position normale, et non pas à renversement, possède un tube plongeur ou siphon, muni d'un jet d'évacuation sans robinet.

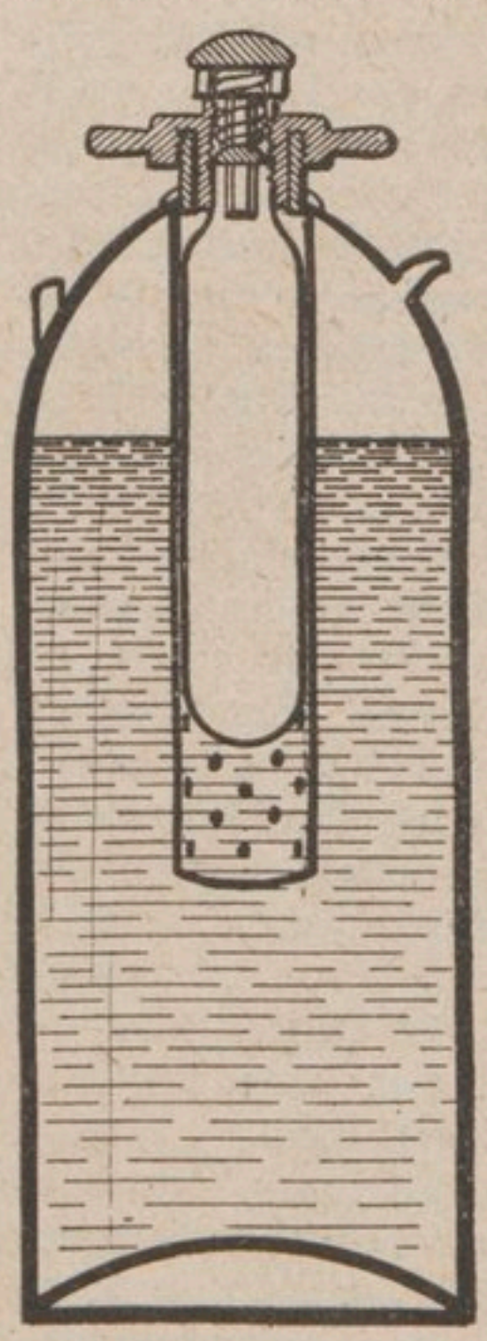


EXTINCTEUR « UNIC »
Position de fonctionnement.

On utilise deux sortes de charges de liquide extincteur, l'une pour les incendies ordinaires, l'autre pour les feux d'essence.

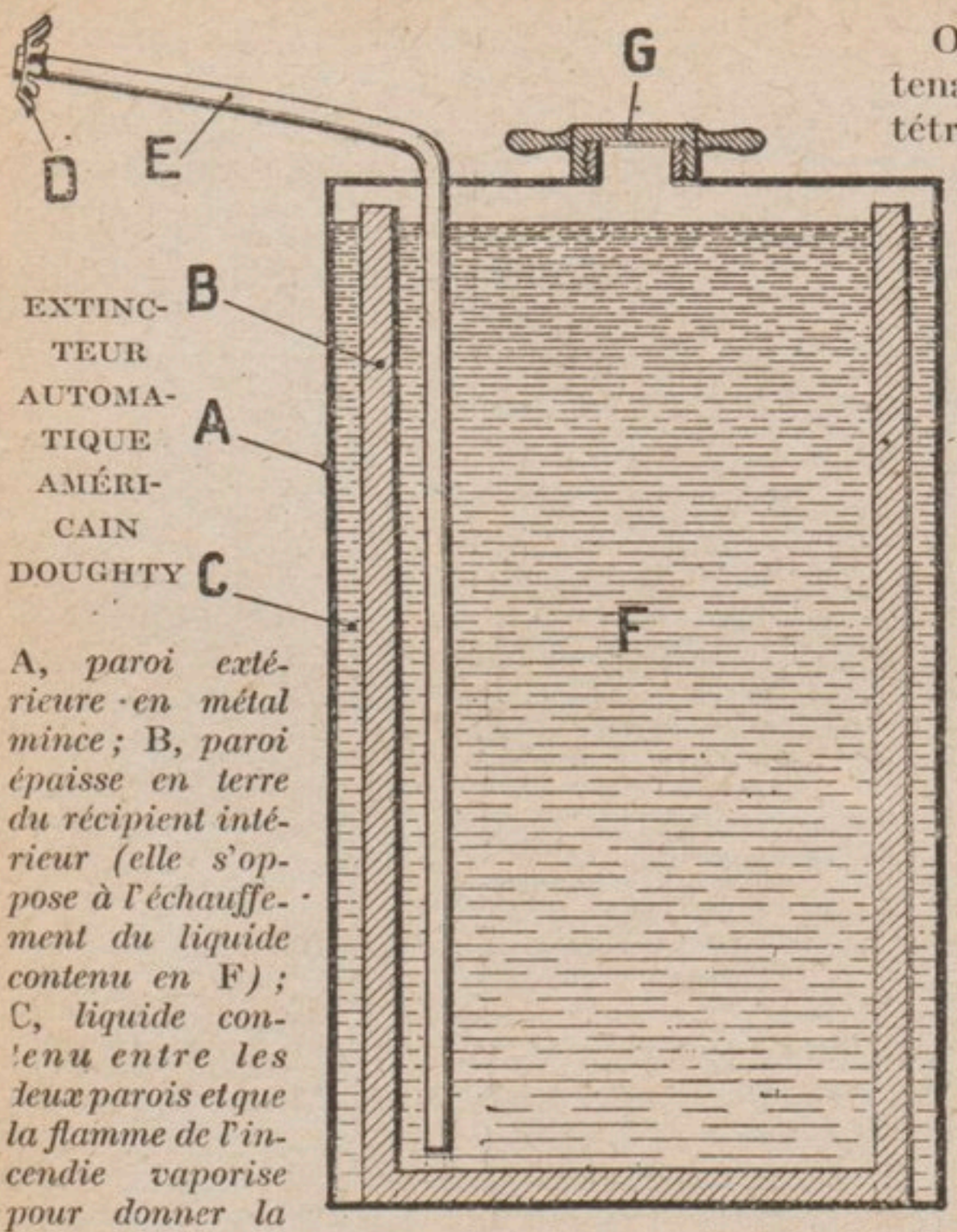
L'extincteur «Unic» est à renversement. Pour son emploi, on le prend par la poignée du fond et on frappe fortement le bouton du percuteur sur le sol, ce qui brise le tube de verre contenant l'acide. On dirige le jet de liquide extincteur, qui se produit aussitôt, à la base du foyer d'incendie, en balayant les flammes. Le modèle «Unic-Auto», spécial pour les automobiles, contient un liquide pour extinction des feux de carburants dont la propulsion est obtenue par l'ouverture d'une cartouche d'acide carbonique fermée par un emboutissage breveté qui lui permet de se conserver indéfiniment et de supporter, sans crainte de perforation, le cahot des voitures.

Citons enfin l'extincteur automatique américain Doughty, qui est destiné à rester fixé aux plafonds et aux murs des locaux à protéger, et qui est composé de deux récipients, l'un, extérieur, en métal mince, l'autre, intérieur, à parois épaisses en terre, introduits l'un dans l'autre. Entre les deux, il existe un espace étroit que remplit une partie du liquide extincteur, lequel est volatil (tétrachlorure de carbone, par exemple). La flamme de l'incendie, en venant lécher la paroi extérieure en métal mince, chauffe rapidement et fortement le liquide contenu dans l'espace ménagé entre les deux parois, lequel, en se vaporisant, fournit la pression qui chasse, par le siphon, le liquide extincteur du récipient intérieur. L'épaisse paroi en terre de celui-ci met ce liquide à l'abri de tout échauffement causé par les flammes.



« UNIC » POUR AUTOS
Coupe verticale,

Les sphères en verre, dites grenades, imaginées il y a une vingtaine d'années



EXTINCTEUR AUTOMATIQUE AMÉRICAIN DOUGHTY

A, paroi extérieure en métal mince; B, paroi épaisse en terre du récipient intérieur (elle s'oppose à l'échauffement du liquide contenu en F); C, liquide contenu entre les deux parois et que la flamme de l'incendie vaporise pour donner la pression; E, siphon par lequel est projeté le liquide extincteur, terminé par le diffuseur D; G, bouchon du trou de remplissage que l'on serre au moyen d'oreilles.

pour éteindre les commencements d'incendie dans les maisons privées, contiennent un liquide extincteur dont la composition varie suivant les fabricants, lesquels la tiennent secrète. On sait qu'il suffit de les briser sur une surface incendiée pour provoquer le dégagement d'un gaz non comburant (en principe, de l'acide carbonique, qui peut être remplacé par un autre gaz), lequel étouffe le feu.

Les premières grenades employées contenaient tout simplement une dissolution d'alun qui, en se vitrifiant sur les corps en combustion ou en danger d'incendie, les éteignait, ainsi qu'on l'a dit plus haut, ou apportait un obstacle à leur allumage ; mais la faible quantité de liquide qu'elles pouvaient contenir en rendait l'usage très restreint. On les remplit plus tard avec deux liquides séparés par une cloison très mince et fragile, laquelle se brise en même temps que l'enveloppe extérieure, amenant leur mélange produisant le dégagement de gaz non comburant. Ou bien l'un des liquides est contenu dans une ampoule ou un tube de verre qui se brise de la même façon. Ce sont, en somme, des extincteurs ordinaires simplifiés. Le liquide est d'ailleurs souvent exactement le même dans l'un et l'autre engin.

On construit également des grenades contenant de l'acide sulfureux liquide ou du tétrachlorure de carbone. Ce dernier est un excellent extincteur ; il est actuellement produit en assez grande quantité et à bas prix avec le chlore, qui est le résidu encombrant de certaines industries ; il est assez volatil, ses vapeurs sont ininflammables et incomburantes. Il éteint les incendies d'acétylène en rendant le carbure de calcium inattaquable par l'eau. Il dissout les corps gras et il est, sauf les mousses, dont il est parlé plus haut, le seul liquide pouvant être employé pour éteindre les incendies de pétrole, d'alcool, d'essences, de vernis. Enfin, comme il n'est pas conducteur de l'électricité, contrairement à toutes les dissolutions salines utilisées comme extinctrices, il éteint l'arc électrique et il est, par conséquent,

TYPE COURANT DE GRENADE EXTINCTRICE SYSTÈME HARDEN

le seul extincteur apte à être employé utilement dans les incendies de courts-circuits, alors que les autres, servant de conducteur au fluide, les aggravent souvent. Mais son maniement demande des précautions, car ses vapeurs sont délétères.

FÉLIX DAUVERGNE

LE COMPTAGE ET LA MISE EN BOITES AUTOMATIQUES DES CIGARETTES

Un Russe, M. Aivaz, vient d'inventer et de faire breveter une machine qui, en raison de la pénurie actuelle de la main-d'œuvre, est susceptible de rendre de sérieux services. Elle est destinée au comptage automatique et à la mise en boîtes (ou en paquets) des cigarettes, et elle effectue avec rapidité ces deux opérations qui, lorsqu'elles sont faites à la main, sont assez lentes ou nécessitent un nombreux personnel.

Elle se compose (figure 1) d'un grand entonnoir ou caisse plate tronconique, dans le fond duquel on a disposé, au milieu, un diviseur consistant en deux plaques inclinées en sens contraires qui se rejoignent au sommet en angle aigu, et qui forment avec les côtés de l'entonnoir deux petits entonnoirs séparés contigus. Un peu au-dessus de ce diviseur est disposée une planche cintrée ; elle a pour but de diminuer la pression qui s'exercerait sur les cigarettes placées dans la partie inférieure, par celles formant colonne au-dessus d'elles, laquelle pression serait susceptible de les déformer et de s'opposer au bon fonctionnement du système en les empêchant de tomber librement dans l'appareil à secousses, qui est placé au-dessous des deux petits entonnoirs, et qui consiste essentiellement en deux plateaux disposés à des niveaux différents, comportant chacun une série de minces cloisons verticales.

Cet appareil à secousses est mis en mouvement, ainsi qu'on peut le voir sur la figure, au moyen d'un levier avec lequel il est relié à articulation, et qui a, autour d'un axe, un mouvement oscillant réglé par une came.

Les cigarettes chargées dans l'entonnoir descendent sur la planche cintrée, à droite et à gauche, dans l'espace entre les extrémités de celle-ci et les parois de l'entonnoir et remplissent les deux moitiés de son fond. Vu la faible largeur de ces espaces et le poids léger des cigarettes, celles-ci, dans les deux petits entonnoirs, ne sont pas disposées au-dessus d'un certain niveau, dont la hauteur, pratiquement ne varie pas. Lorsque l'appareil à secousses est au repos, elles tombent librement et par leur seul poids dans les espaces entre les cloisons des deux plateaux placés sous lesdits petits entonnoirs. Par le déplacement périodique de l'appareil à secousses, à droite et à gauche, elles se logent en une position absolument correcte et se trouvent ainsi prêtes pour l'opération suivante de déchargement des plateaux, laquelle consiste à les pousser hors de l'entonnoir, non directement dans les boîtes, mais dans un organe intermédiaire assurant leur arrangement correct en couches. Il se compose de deux conduits montés fixes sur la table de support de la machine et disposés vis-à-vis des deux plateaux à secousses lorsque ceux-ci sont au repos, et en une plaque de métal mince s'étendant en travers des deux conduits et formant couvercle supérieur de celui d'entre eux qui

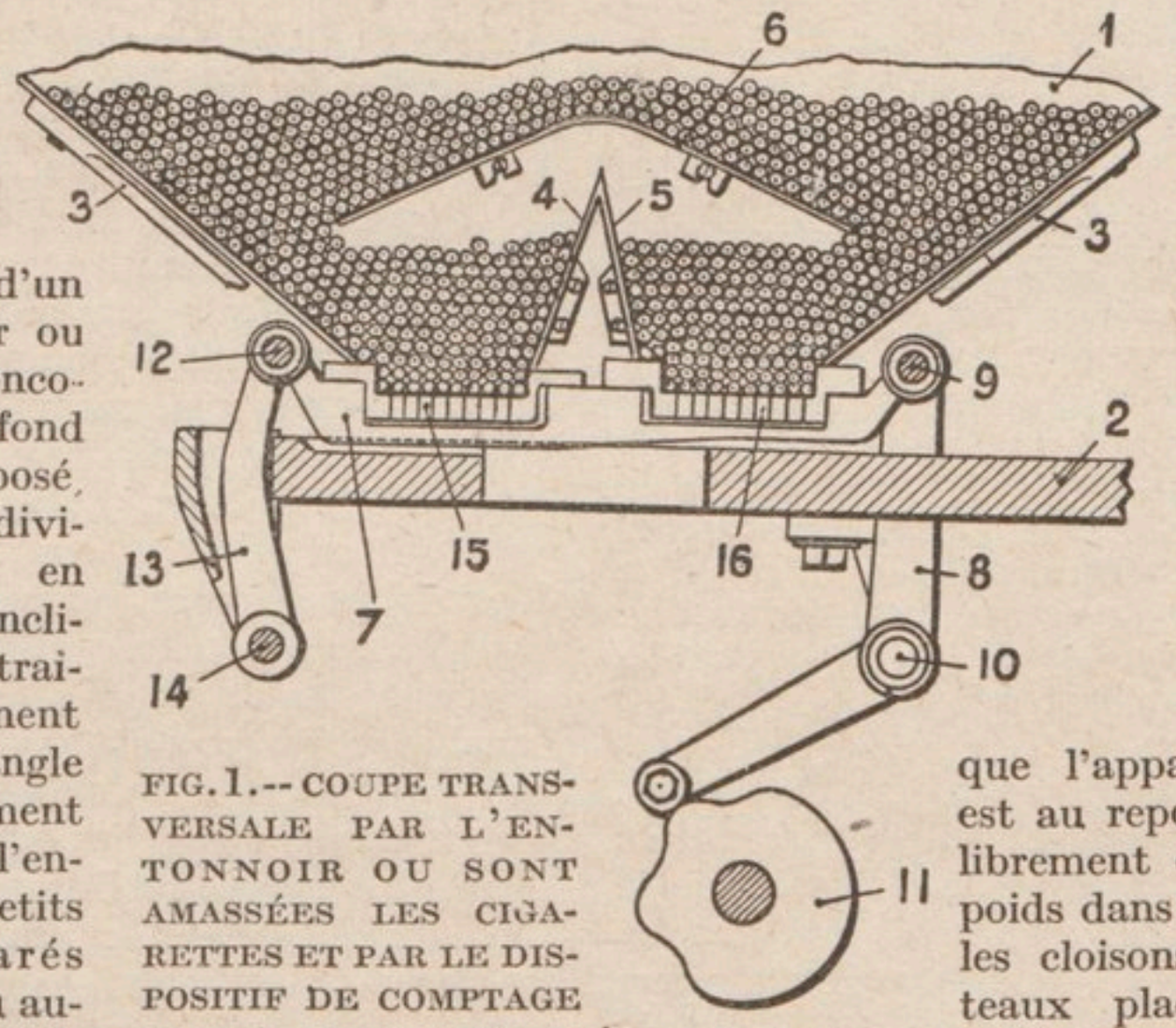
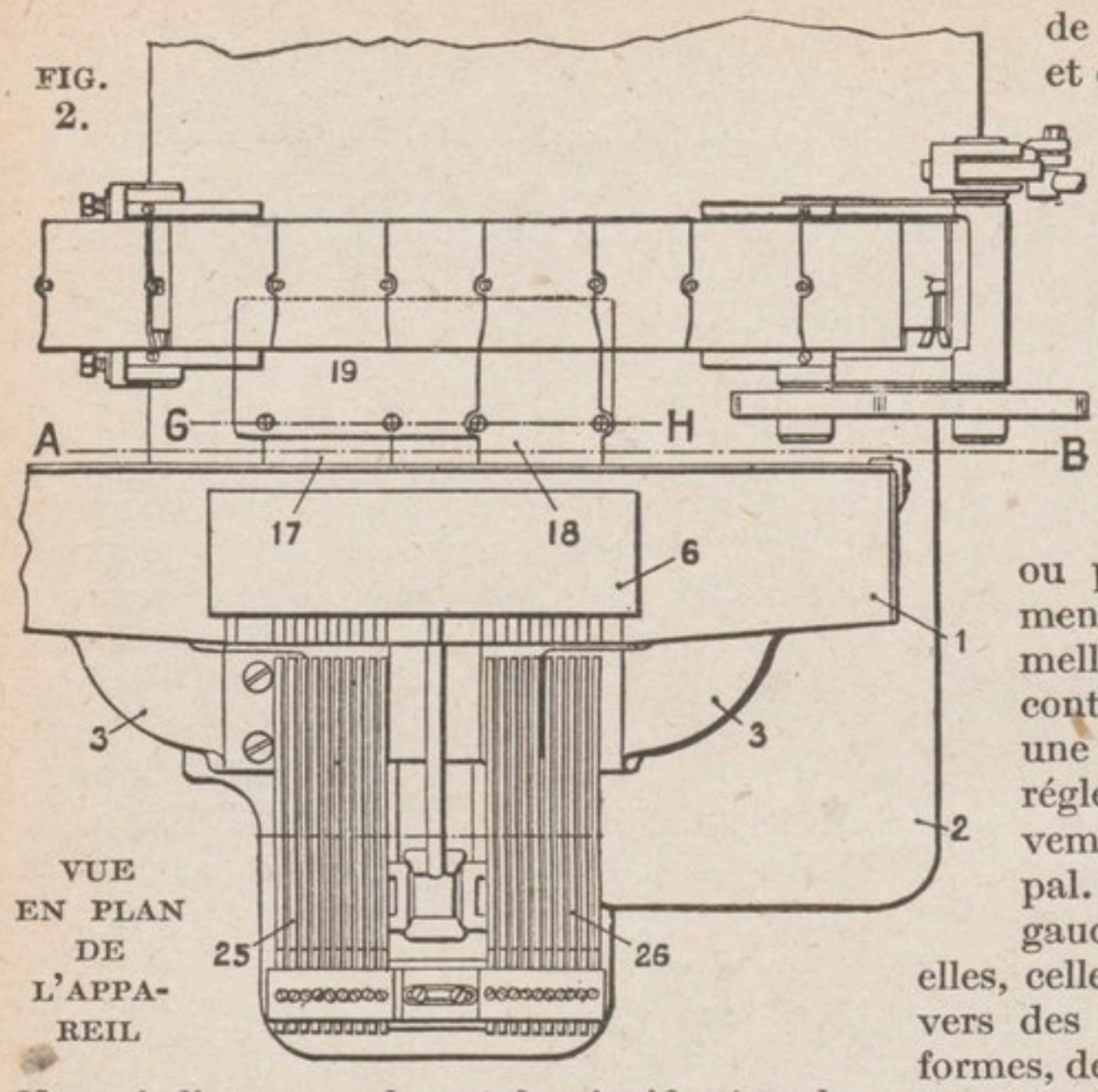


FIG. 1.-- COUPE TRANSVERSALE PAR L'ENTONNOIR OU SONT AMASSÉES LES CIGARETTES ET PAR LE DISPOSITIF DE COMPTAGE

1, *entonnoir;* 2, *table;* 3, *supports de l'entonnoir;* 4 *et* 5, *plaques inclinées du diviseur formant avec les parois de l'entonnoir deux petits entonnoirs séparés;* 6, *planche cintrée dirigeant les cigarettes, par quantités égales, dans les deux petits entonnoirs;* 7, *appareil à secousses;* 8, *levier du dit appareil;* 9, *articulation du levier;* 10, *axe;* 11, *came réglant le mouvement oscillant;* 12, *axe d'articulation de la bielle;* 13, *bielle;* 14, *axe d'oscillation de la bielle;* 15 *et* 16, *plateaux de l'appareil à secousses.*

FIG. 2.



VUE EN PLAN DE L'APPAREIL

Nous indiquons seulement la signification des chiffres qui ne figurent pas sur le dessin de la page précédente. — 17 *et* 18, *conduits de la pièce intermédiaire assurant l'arrangement correct des cigarettes;* 19, *plaque mince entre ces deux conduits et formant couvercle supérieur de l'un d'eux;* 25 *et* 26, *système de barres poussant les cigarettes dans les formes.*

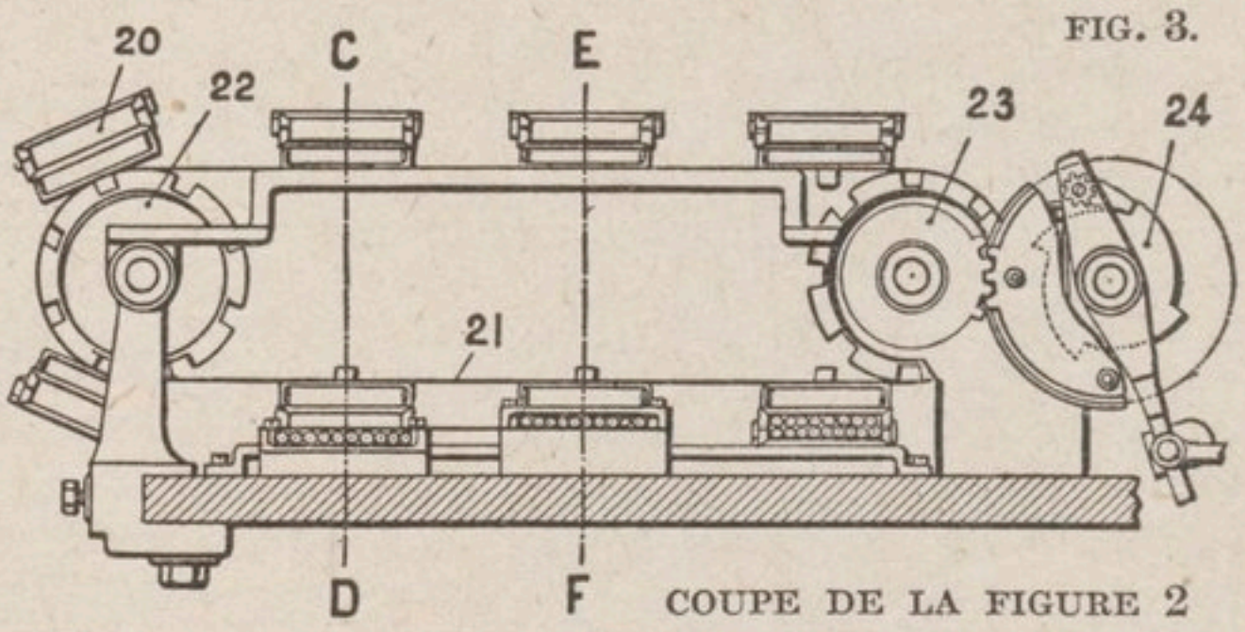
est placé un peu en contre-bas de l'autre. Cette plaque, qui est convenablement cintrée pour ne pas toucher les cigarettes, se projette des conduits intermédiaires et vient aboutir dans des pièces, dites formes de transfert ultérieur (fig. 2 et 3), lesquelles consistent en boîtes ouvertes aux côtés avant et arrière, l'extrémité avant étant élargie et munie d'une fente horizontale dans laquelle rentre une extrémité en projection de ladite plaque. La hauteur des formes correspond à celles de deux couches de cigarettes, de sorte que les cigarettes venant du plateau surélevé et de celui placé un peu en contrebas pour passer au travers des conduits qui leur correspondent respectivement, pourront être disposées là en deux couches ainsi qu'elles doivent être rangées dans la boîte. Un certain nombre de ces formes sont montées sur une courroie sans fin mue par deux tambours. L'un de ceux-ci est périodiquement déplacé par l'action d'un rochet, de sorte que lesdites formes s'arrêtent toujours contre les conduits de transfert, en un point convenable, et demeurent au repos tandis que les cigarettes sont poussées hors du plateau, dans les formes, au travers des conduits intermédiaires.

Cette curieuse opération s'accomplit de la façon suivante :

Après que l'appareil à secousses a produit plusieurs chocs et que toutes les cigarettes ont pris place dans leurs logements, il s'arrête et un système de barres, ou poussoirs, commence son mouvement. Elles sont montées sur une semelle commune et se placent chacune contre le logement dans lequel repose une cigarette. Leur avancement est réglé par une came qui reçoit son mouvement de rotation de l'arbre principal. Lorsqu'elles se déplacent vers la gauche, poussant les cigarettes devant elles, celles-ci, passant des plateaux, au travers des conduits intermédiaires, dans les formes, demeurent toujours séparées en deux groupes par la plaque mince s'étendant en travers des deux conduits et formant, comme on l'a dit plus haut, couvercle supérieur de celui qui est placé en contre-bas de l'autre. L'un de ces groupes pénètre dans une forme et l'autre dans celle qui lui fait suite. Les cigarettes sont ainsi disposées en deux couches, celles venant du plateau en contrebas forment la rangée inférieure dans une forme, tandis que celles du plateau surélevé forment la rangée supérieure dans une autre.

Toutes les cigarettes étant poussées dans les formes, les barres ou poussoirs reviennent à leur position initiale et rendent les plateaux de l'appareil à secousses libres pour un nouveau remplissage. La courroie portant les formes se met alors en mouvement et conduit le paquet de cigarettes comptées dans la boîte où elles seront livrées à la vente.

FIG. 3.



COUPE DE LA FIGURE 2

20, *formes sur la courroie sans fin;* 21, *courroie sans fin;* 22 *et* 23, *tambours de la courroie;* 24, *rochet du tambour* 23.

L'ACIDE NITRIQUE SYNTHÉTIQUE ET SES COMPOSÉS

Par Ulysse CARAVEHL

On sait combien est importante, à l'heure actuelle, l'industrie de l'acide azotique qui entre dans la fabrication de nos explosifs. Etant donné que la source première de l'azote des végétaux réside dans l'atmosphère, que la consommation de la végétation en azote est considérable et que les sources actuelles d'acide azotique sont insuffisantes, il a fallu réaliser un moyen de trouver dans le « laboratoire inépuisable de l'air les éléments qu'il met à notre disposition » et de fixer les éléments ainsi extraits sous une forme susceptible d'être employée dans l'industrie de guerre et l'agriculture. C'est là l'énoncé synthétique du problème de la production artificielle de l'acide nitrique et aussi des nitrates.

Comme, d'autre part, les gisements actuels du Chili s'appauvrissent et comme les moyens de transport ne sont pas facilement réalisables, on a poussé avec énergie la fabrication de l'acide nitrique synthétique. Les méthodes permettant de réaliser artificiellement l'acide azotique peuvent se diviser en deux catégories : celles utilisant les phénomènes électriques (arc, étincelle, effluve, électrolyse) et celles qui sont basées sur de simples actions chimiques, dont nous parlerons peu ici.

C'est à Cavendish que l'on doit d'avoir le premier constaté la combinaison directe de l'azote et de l'oxygène à l'état d'acide azotique en présence d'étincelles électriques, et ce fut en 1839 qu'apparut le premier brevet concernant la fabrication industrielle de l'acide nitrique au moyen de l'électricité ; ce brevet fut pris par une Française, Mme Lefèvre, qui imagina un appareil composé d'un ballon à quatre tubulures, dont deux laissaient passer des électrodes terminées par des fils de platine. Les deux autres ouvertures permettaient, l'une d'amener l'air et l'autre de conduire les oxydes d'azote dans un flacon contenant de l'eau.

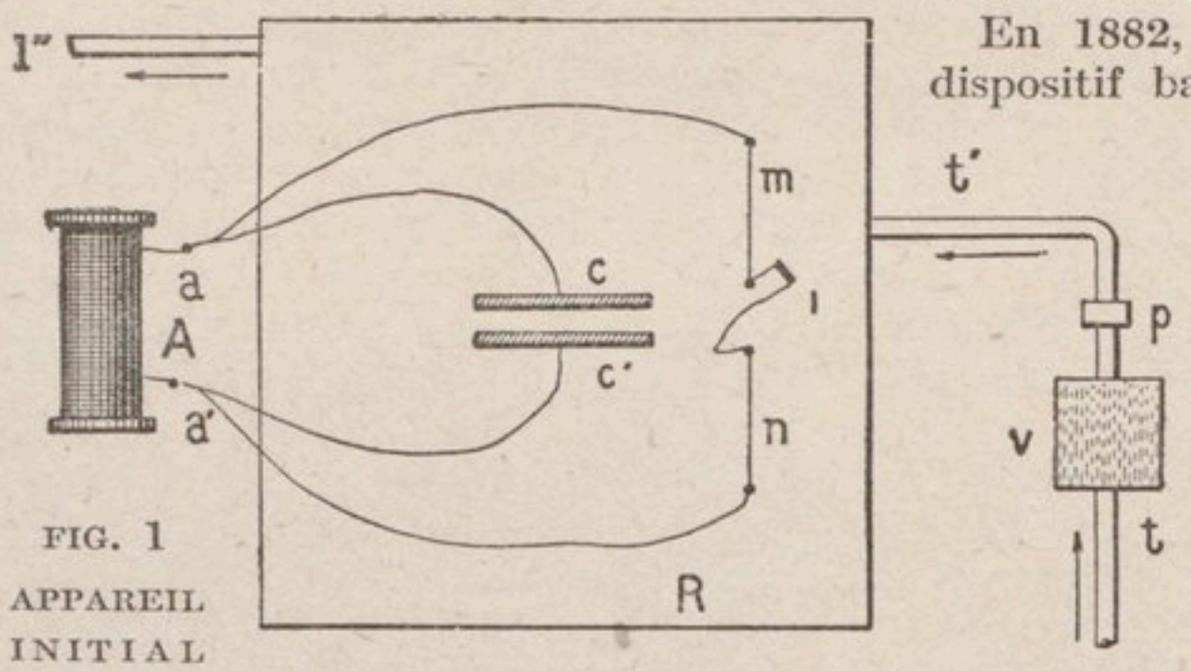


FIG. 1
APPAREIL INITIAL DE PRIM POUR ÉTUDIER LA FORMATION DES COMPOSÉS NITREUX DANS L'ATMOSPHÈRE

A, *bobine d'induction;* a a', *bornes;* c c', *condensateur;* m n, *bornes entre lesquelles jaillit l'étincelle* i ; R, *chambre contenant le condensateur et l'éclateur. L'air arrive de l'extérieur par le tube* t; *après une compression préalable, il traverse un barboteur* v. *Une pompe* P *le fait pénétrer, par l'intermédiaire du tube* t', *dans la chambre* R. *Le tube* t'' *amène les vapeurs nitreuses engendrées dans la chambre* R *dans des récipients spéciaux d'absorption.*

En 1882, Prim réalisa un dispositif basé sur l'observation qu'il avait faite, à savoir qu'il y a augmentation de rendement sous l'influence de la pression et de l'humidité.

Le dispositif imaginé par Prim, (figure 1), utilisait à la fois les décharges obscures et l'étincelle. Il comprenait essentiellement une bobine, munie de deux paires de fils, qui arrivent, d'une part à un condensateur et, d'autre part, à deux bornes entre lesquelles peut jaillir une étincelle. Le condensateur et l'éclateur étaient réunis dans une chambre dont les dimensions étaient telles que l'étincelle puisse se former, quelle que soit la puissance du courant gazeux traversant l'appareil. Ce procédé, un peu modifié, fut employé plus tard industriellement.

L'effluve peut aussi facilement donner naissance aux composés oxygénés de l'azote, qui sont relativement nombreux, si l'on se sert pour produire la réaction d'appareils permettant d'éviter les formations secondaires et en particulier celle de l'ozone.

La synthèse de l'acide azotique au moyen

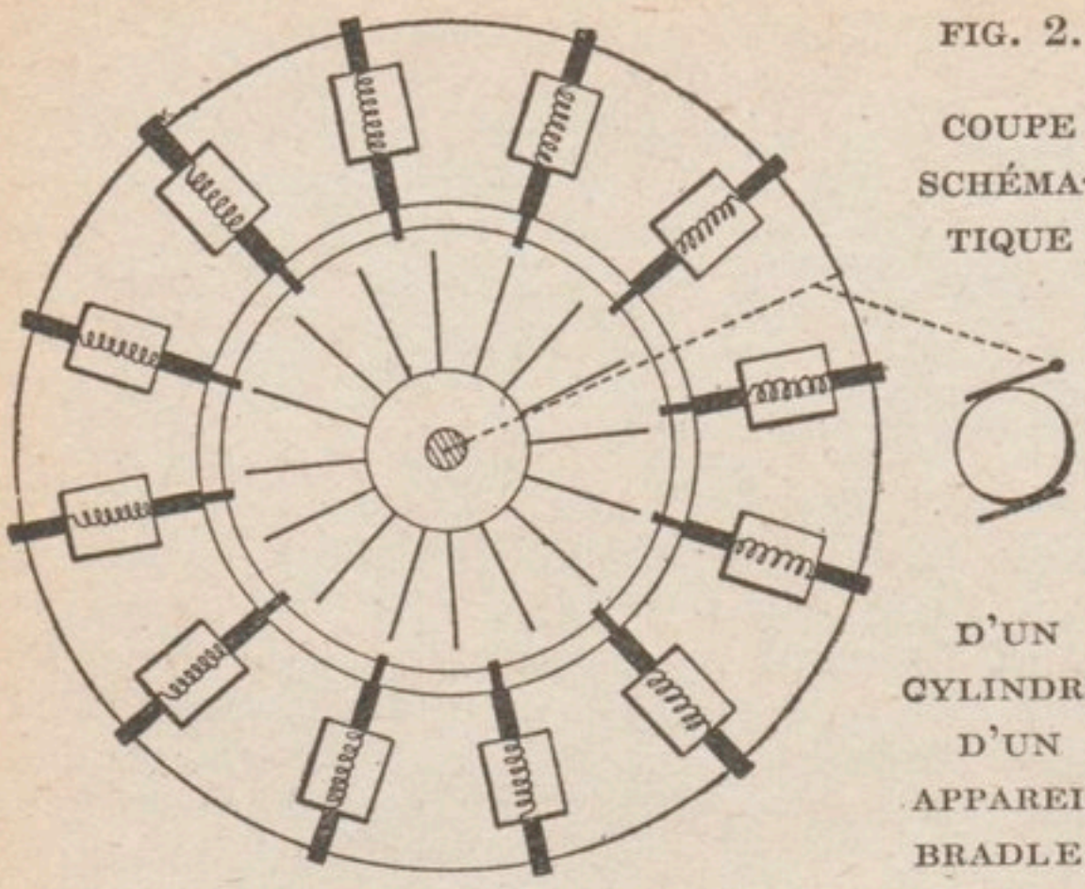


FIG. 2. COUPE SCHÉMATIQUE D'UN CYLINDRE D'UN APPAREIL BRADLEY

Cet appareil est employé couramment dans la fabrication de l'acide nitrique synthétique et de ses composés.

de l'effluve et à la température ordinaire a été réalisée directement et intégralement par Berthelot. Le procédé consistait à opérer au moyen des appareils ordinaires à effluves soit sur un courant gazeux, soit sur un volume connu de gaz renfermé dans un récipient de verre scellé, en présence de l'eau ou d'une solution étendue de potasse. On fait circuler lentement un courant d'air dans un appareil à effluves, à raison d'un demi-litre heure par à la température de 10° et pendant huit heures. L'effluve joue principalement le rôle de déterminant, sans fournir une énergie consommée au cours de la combinaison et la réaction est toujours endothermique au voisinage de la température ordinaire. Quel que soit l'excès d'azote, la réaction s'effectue continuellement et régulièrement sans qu'il se forme ni acide nitreux bien sensible ni ammoniaque.

Enfin, les méthodes d'électrolyse pour la préparation de l'acide nitrique n'ont pas encore été appliquées industriellement avec succès, en raison des difficultés inhérentes à l'obtention de quantités suffisamment élevées de matières. On a essayé d'électriser un bain d'air liquide ; on a tenté de dissoudre l'azote atmosphérique dans une électrolyse appropriée (solution de soude) ; on a tenté de réaliser l'électrolyse des nitrates fondus; on a enfin tenté de concentrer par électrolyse l'acide nitrique obtenu par les procédés habituels de laboratoire. Sans nous attarder à l'examen de ces divers procédés, nous exposerons les moyens utilisés pour la préparation électro-chimique de l'acide nitrique.

L'utilisation de l'arc électrique pour la préparation de l'acide nitrique synthétique a été employé en grand par Mac Dougall au moyen d'un appareil assez pratique dont nous donnerons une description rapide.

Il comprend un ou plusieurs récipients en terre réfractaire. Chaque récipient est relié, à l'une de ses extrémités, à un tuyau d'arrivée d'air et l'autre extrémité est reliée à un absorbeur. On mélange généralement l'air oxygéné afin d'augmenter le rendement ; cet air est envoyé sous pression et les vapeurs d'acide sont absorbées à l'aide de la vapeur d'eau. La solution du liquide acide que l'on obtient circule dans l'absorbeur jusqu'à ce qu'elle ait atteint une concentration suffisante. D'autre part, comme l'air qui s'échappe de l'appareil con-

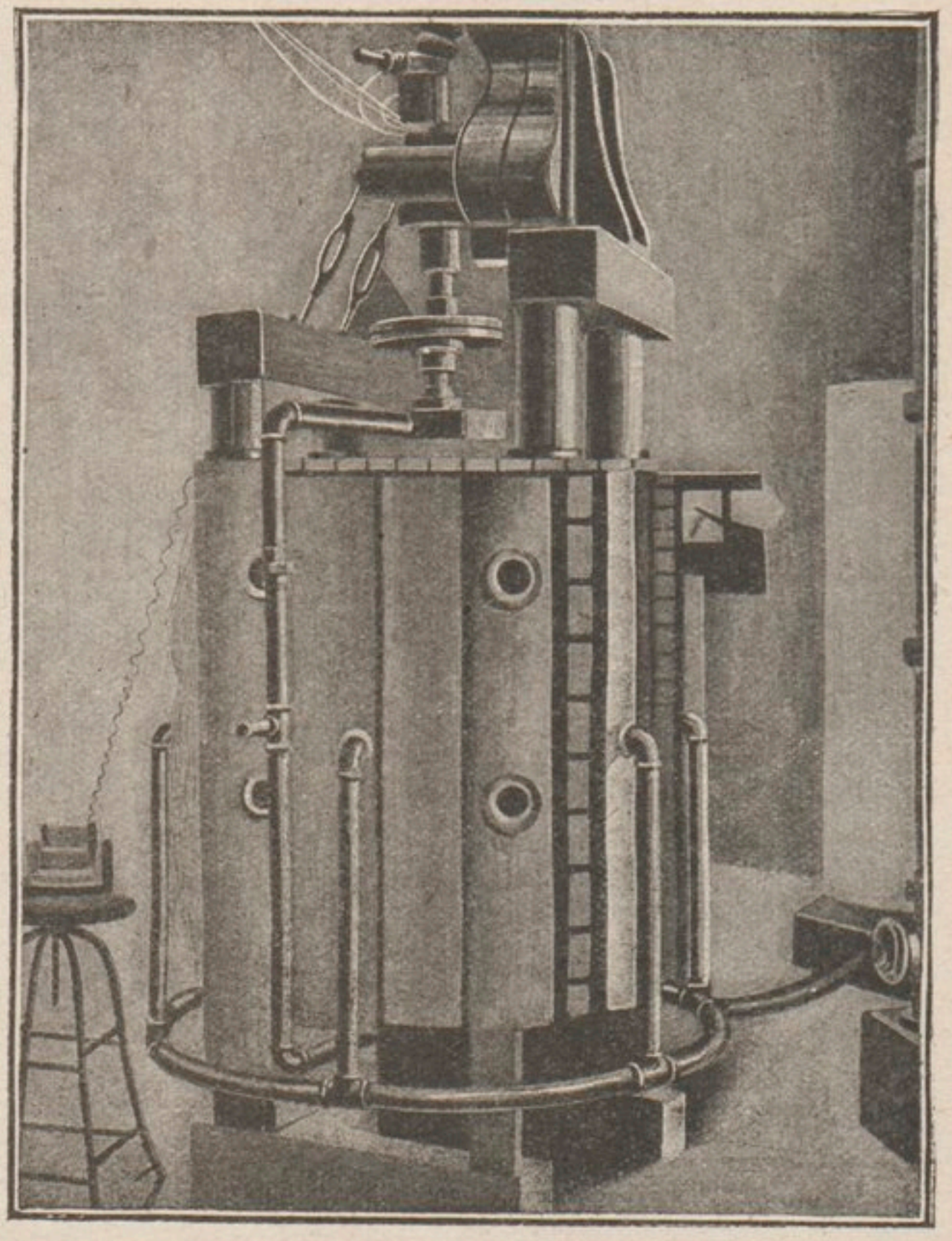


FIG. 3. — VUE D'ENSEMBLE D'UN APPAREIL BRADLEY

tient encore de l'oxygène, on le renvoie aussitôt dans l'appareil mélangé d'air frais; un récipient intermédiaire sert de mélangeur.

Quand on veut installer une usine fonctionnant sur ce principe, on doit pouvoir disposer de cinq cents appareils semblables dans lesquels agit l'arc électrique. Ce moyen permet d'obtenir environ 25 grammes d'acide nitrique par cheval heure avec une proportion approximative, en poids, de 50 % d'acide nitreux.

Dans un autre procédé, imaginé par Bradley, pour la production de l'acide nitrique au moyen de l'arc électrique, on est arrivé à des résultats économiques des plus satisfaisants.

En principe, l'appareil Bradley se compose d'une sorte de tambour ou cylindre métallique d'une hauteur moyenne de deux mètres et d'un diamètre d'un mètre vingt-cinq. La paroi intérieure de ce tambour est garnie d'un très grand nombre d'électrodes disposées concentriquement et constituées par des pointes très courtes en platine. Dans ce premier cylindre s'en trouve un second dont la surface intérieure est également entourée de pointes de platine. Si on met en mouvement l'un des cylindres en ayant soin de placer les pointes de platine respectivement en communication avec les deux pôles d'une source d'énergie électrique, ces pointes se trouveront assez rapprochées les unes des autres à très courtes périodes et donneront par suite naissance à des arcs électriques.

L'appareil, en tournant, amène rapidement l'amorçage de ces arcs électriques, leur allongement et enfin leur extinction.

Passant sous silence les premiers essais, qui furent effectués avec des machines statiques, nous indiquerons que l'on employa rapidement des dynamos accouplées à des transformateurs, capables de produire de très hauts voltages. Dans l'espace compris entre les deux cylindres, on insufflait un mélange d'air, d'oxygène et de vapeur d'eau qui, par l'action de l'oxygène, sous l'influence des arcs, donnait bientôt naissance à de l'acide nitrique.

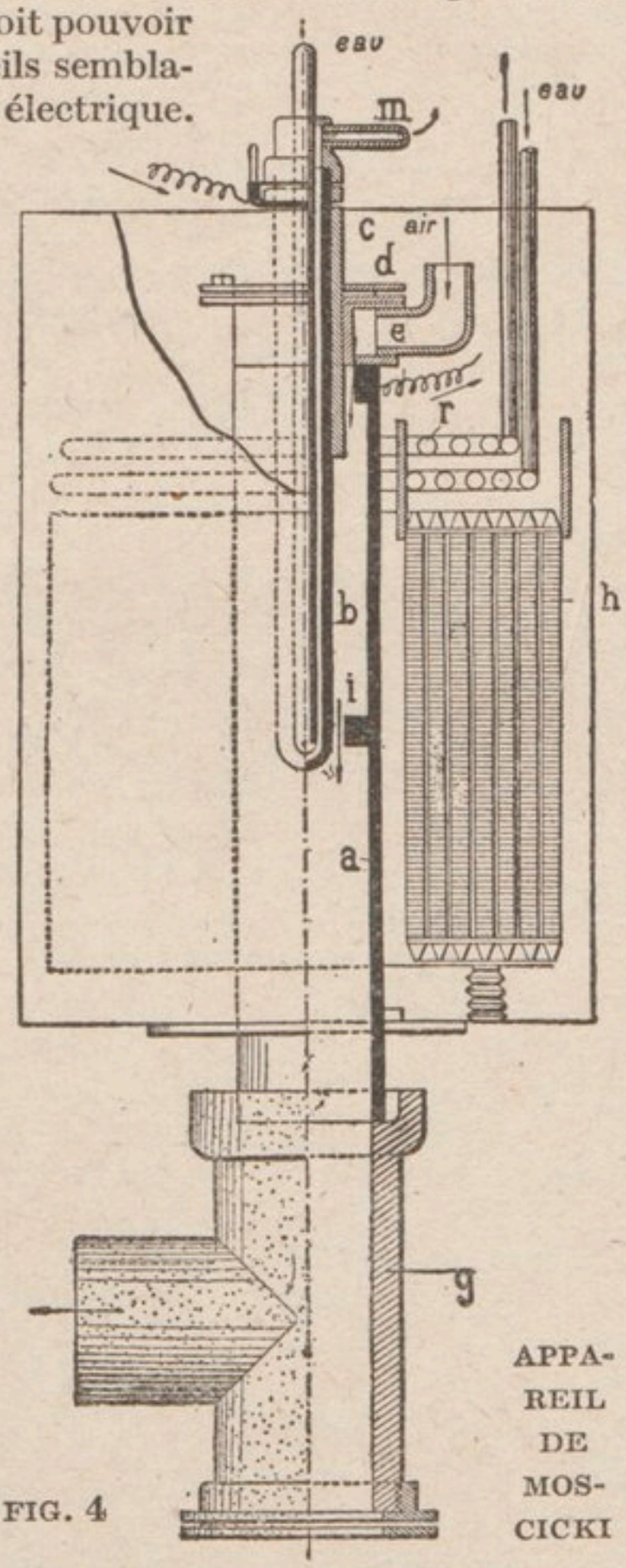


FIG. 4 — APPAREIL DE MOSCICKI

Une électrode en cuivre cylindrique b *est traversée par un courant d'eau qui, entrant par la partie supérieure, sort en* m. *L'autre électrode* a *porte un bourrelet* i; *c'est entre* i *et la paroi extérieure de* b *que l'arc s'amorce. Cet arc monte ensuite entre les électrodes et se trouve mis en rotation par un champ magnétique produit par une bobine* h; r, *serpentin à eau servant de réfrigérant;* e, *tuyau d'arrivée de l'air dans l'espace annulaire;* g, *conduite en poterie d'échappement de l'air après sa transformation en composés nitrés.*

La dynamo employée par Bradley était une machine à courant continu et à inducteur « séparément excité ». Le pôle négatif de cette dynamo est relié, pendant le fonctionnement de l'installation, au cylindre mobile de l'appareil producteur d'acide nitrique. Les pièces fixes de cet appareil producteur sont reliées par l'intermédiaire de bobines d'induction qui sont destinées à préserver la génératrice des courts circuits susceptibles de se produire au moment de la formation des petits arcs reliés en grande quantité.

Le cylindre mobile est mû par un moteur indépendant de l'appareil, moteur qui imprime à ce dernier une vitesse moyenne de 500 tours par minute. Dans un des modèles adoptés par Bradley, les contacts étaient au nombre de 138 ; le nombre total des arcs produits par minute avec ce dispositif était de 414.000. L'air sortant de cet appareil contiendrait, selon MM. Escard et Bainville, 2,5 % environ des composés oxygénés de l'azote capables de donner naissance à de l'acide nitrique pur. Si on suppose que le bioxyde d'azote est transformé en acide nitrique, 100 kilogrammes d'acide nitrique fabriqués correspondent à une dépense de 8 fr. 30 d'énergie mécanique. Cet acide, absorbé dans sa presque totalité par des solutions de soude ou de potasse au fur et à mesure de sa production, est livrable au commerce sous forme de nitrates.

Bradley, au cours des expériences inces-

APPAREIL FERRANTI (VUE EN COUPE VERTICALE)

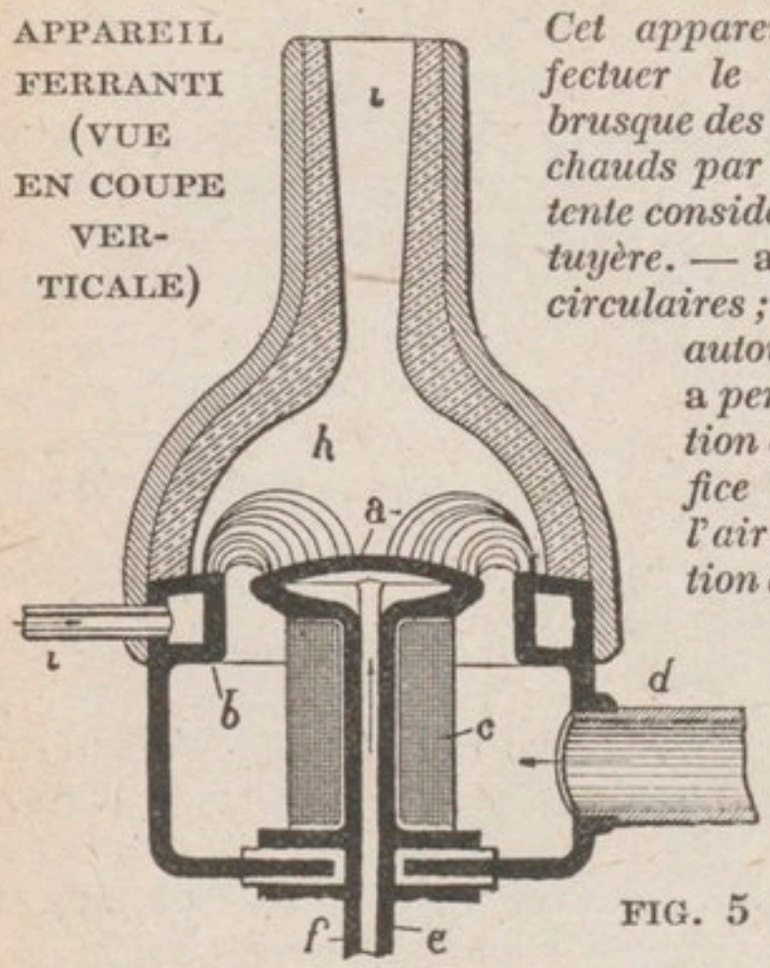


FIG. 5

Cet appareil permet d'effectuer le refroidissement brusque des gaz combinés et chauds par l'effet d'une détente considérable dans une tuyère. — a *et* b, *électrodes circulaires ;* c, *enroulement autour de l'électrode* a *permettant la rotation de l'arc;* d, *orifice d'admission de l'air ;* f, e, *circulation d'eau pour le refroidissement des électrodes;* h, *chambre à arc en matière réfractaire;* i, *tuyère d'évacuation des gaz.*

santes auxquelles il se livrait, a adopté un dispositif un peu différent du précédent au point de vue de l'utilisation de l'arc électrique. Ce dispositif est assez ingénieux.

En effet, un arc électrique ordinaire de grande puissance est toujours volumineux, dense, et il n'est pas aisé de le faire traverser par une quantité d'air qui soit proportionnelle à son intensité électrique.

Aussi Bradley eut-il recours à un procédé permettant de diviser l'arc électrique de grande énergie en une multitude de petits arcs.

Poursuivant ses recherches, Bradley imagina un autre dispositif se signalant par la disposition des électrodes dans la chambre de réaction. Chaque récipient reçoit deux électrodes et possède deux ouvertures dont l'une, située à la partie inférieure, est destinée à l'arrivée de l'air et dont l'autre sert à la sortie des gaz nitreux. Une dynamo et des récipients placés sous chaque récipient, fournissent le courant électrique. Les produits prenant naissance dans ces transformateurs arrivent dans une tour de condensation ; une pluie d'acide sulfurique dissout ces gaz et entraîne le liquide dans une sorte de chaudière chauffée par un foyer spécial. Les gaz évaporés se condensent avec une certaine rapidité dans un serpentin et se rendent ensuite dans un récipient tubulaire de forme spéciale où l'on peut aisément les recueillir à l'état liquide.

De nombreux essais ont démontré que, pour produire de grandes quantités d'acide nitrique, il fallait installer un très grand nombre de condensateurs, car on ne peut dépenser qu'une quantité d'énergie relativement faible dans chaque circuit.

Aussi le chimiste Moscicki a-t-il essayé un autre procédé consistant à utiliser un arc de 3.000 volts mis en rotation continue par un champ magnétique et qui a donné, dans la suite, d'excellents résultats. L'appareil de Moscicki (fig. 4) se compose d'une électrode intérieure cylindrique en cuivre, traversée par un courant d'eau renouvelé sans cesse et circulant de haut en bas. L'autre électrode, extérieure, également cylindrique, porte un bourrelet, et c'est entre ce bourrelet et la paroi extérieure de l'électrode initiale intérieure qu'est amorcé l'arc électrique servant à produire les composés nitreux. Une fois qu'il est amorcé, cet arc monte entre les deux électrodes et il est mis en rotation par un champ magnétique produit par une bobine plongée dans un bain d'huile qui est destiné à assurer l'isole-

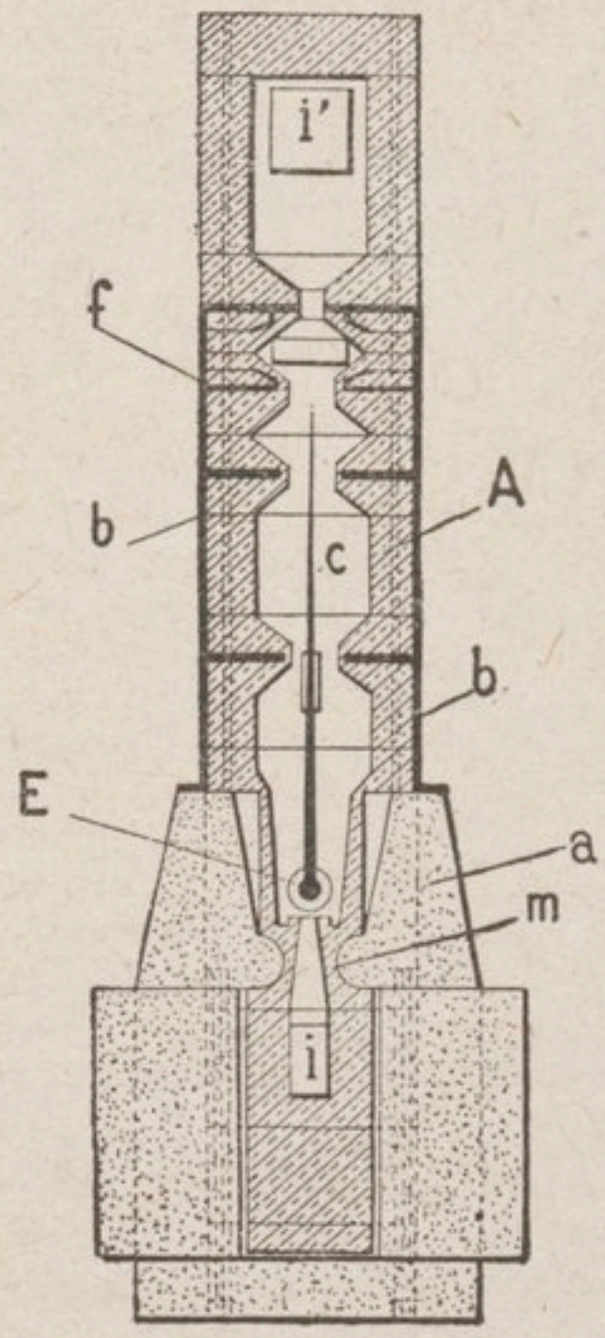


FIG. 6. — APPAREIL BRISSET ET MUGUET

Cet appareil utilise un arc mobile de bas en haut et soumis pendant son mouvement ascensionnel au flux d'un aimant qui le suit. — A, *tour étroite rectangulaire;* E, *électrodes;* c, *amplificateur conducteur des électrodes creuses en* e *(figure de droite) pour jouer le rôle de condensateur ;* a, *aimant muni de sabots* m *pourvus d'antennes* b; f, *ramification des antennes ;* i, *tuyau de pénétration du mélange d'air et d'oxygène;* i', *sortie des gaz oxydés.*

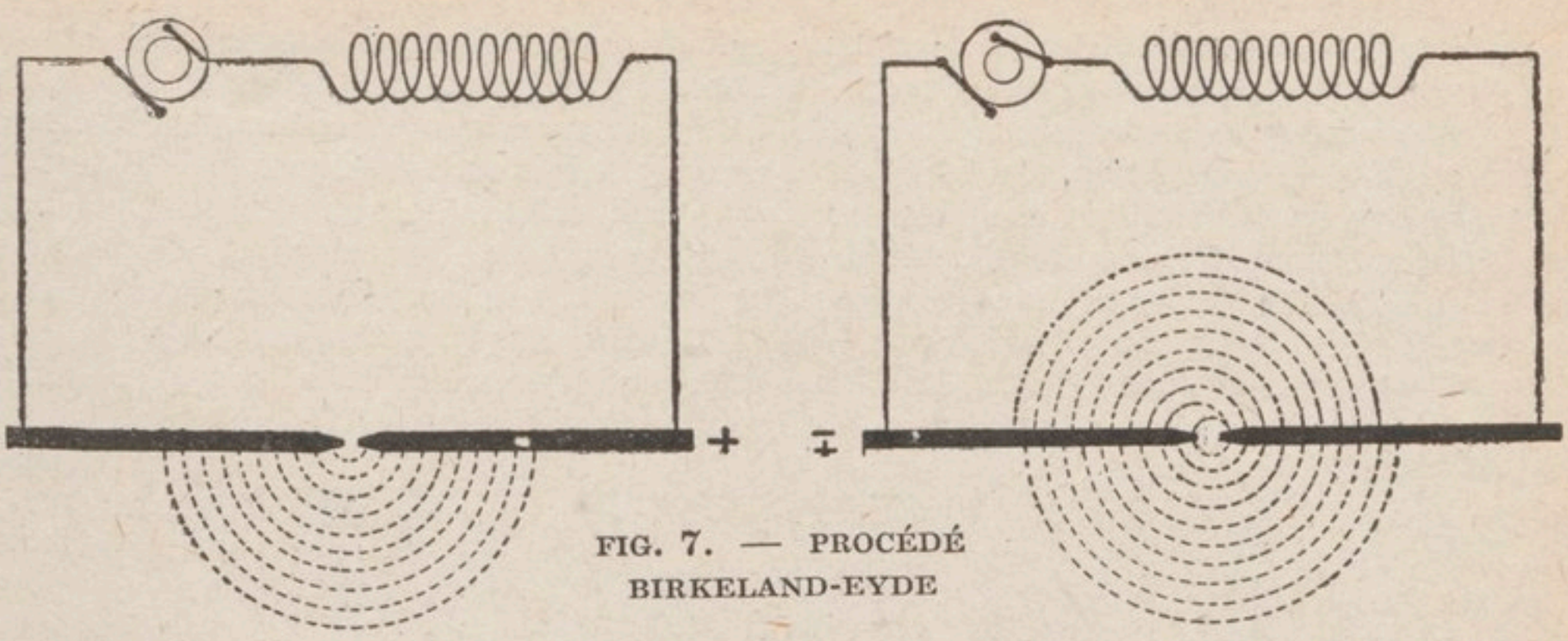


FIG. 7. — PROCÉDÉ BIRKELAND-EYDE

Demi-disque lumineux produit par un courant continu.

Disque lumineux complet produit par un courant alternatif.

ment complet des diverses parties de l'appareil et le refroidissement de l'électrode extérieure (l'huile est maintenue froide par un serpentin à eau). L'air arrivant par l'espace annulaire compris entre les deux électrodes, après avoir été transformé en composés nitrés, s'échappe par une petite conduite inférieure en poterie.

Cet appareil permet d'obtenir 60 grammes d'acide nitrique par kilowatt-heure, soit 525 kilogrammes par kilowatt-an.

Dans plusieurs usines importantes, on utilise aujourd'hui le four Pauling, dont le fonctionnement est particulièrement simple. Le four Pauling consiste, en effet, en une ossature de briques réfractaires dans laquelle l'arc électrique est soufflé par un courant puissant arrivant sur l'arc par la base. Deux autres courants placés obliquement de chaque côté de l'arc et soufflant dans le même sens complètent le premier. Cette disposition, très facile à réaliser comme construction, présente de sérieuses garanties d'économie au point de vue entretien et durée.

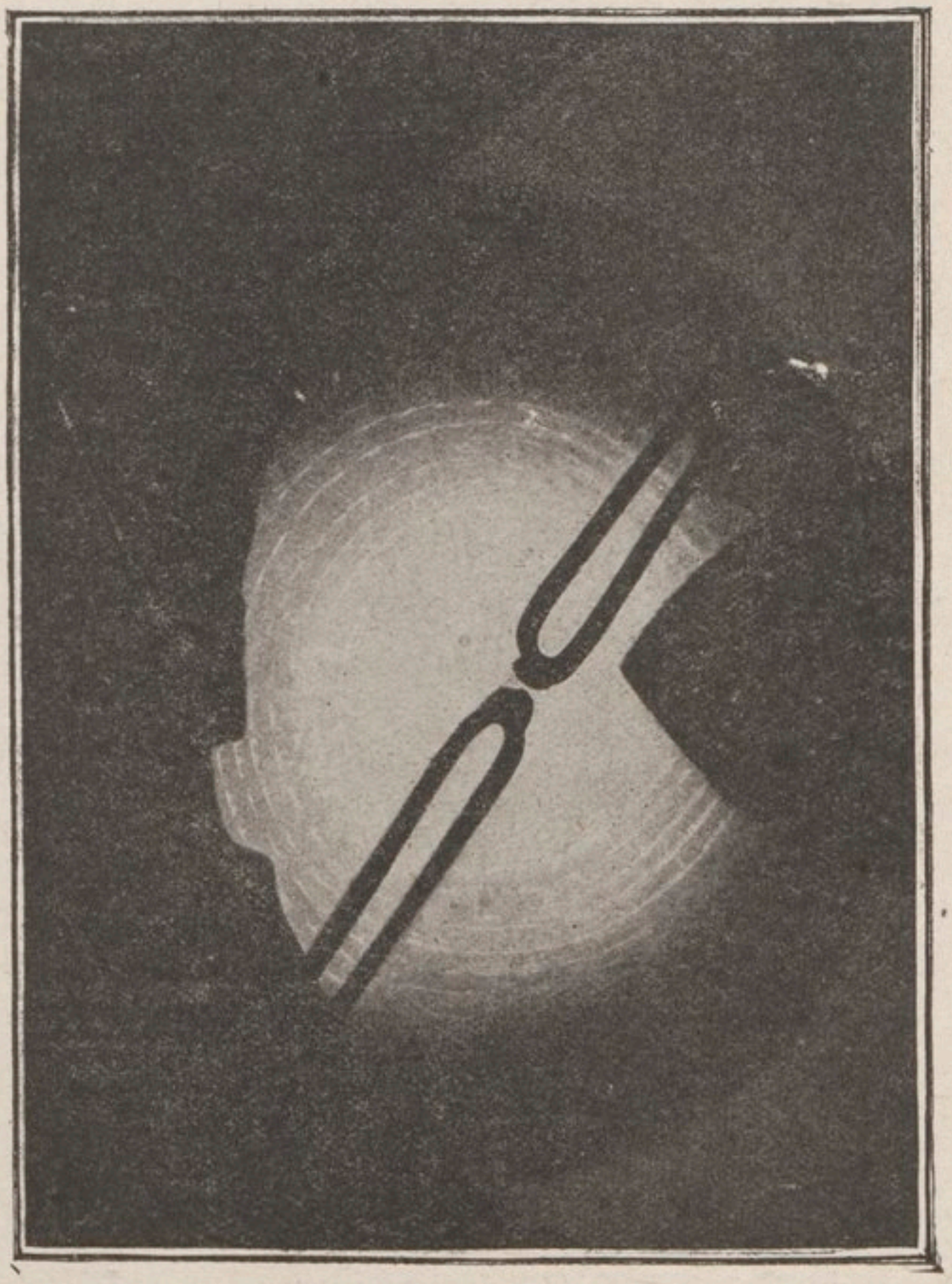


FIG 7 *bis*. — DISQUE LUMINEUX PRODUIT, DANS LE PROCÉDÉ BIRKELAND, PAR DES ÉLECTRODES CREUSES EN CUIVRE

Dans les appareils Ferranti, destinés également à la production des oxydes d'azote, on utilise un champ magnétique pour la rotation de l'arc. On peut effectuer le refroidissement brusque des gaz combinés et chauds par l'effet d'une détente considérable dans une tuyère, l'étendue de la détente au-dessus ou au-dessous de l'atmosphère étant obtenue à volonté. Le schéma nº 5 de cet appareil comporte une légende explicative du fonc-

tionnement du dispositif Ferranti ; les électrodes circulaires sont disposées concentriquement et laissent un espace annulaire au travers duquel jaillit l'arc. On met cet arc en rotation en utilisant un enroulement convenable autour de l'électrode interne, de manière à laisser un passage ininterrompu pour que l'air pénétrant sous pression puisse traverser l'arc sans aucune difficulté.

Pratiquement, l'air qu'on doit transformer en oxyde d'azote passe d'abord dans un turbo-compresseur à effets multiples et pourvu de refroidisseurs intermédiaires; après compression, il pénètre ensuite dans la chambre à arc. Les gaz formés et chauffés au contact de la flamme électrique sont d'abord refroidis par détente dans une tuyère; les gaz d'échappement passent ensuite dans un réservoir à vide, relié lui même à une pompe à vide. Il est important que, avant que la détente commence dans la tuyère, la combustion soit complète afin d'obtenir un effet maximum de refroidissement.

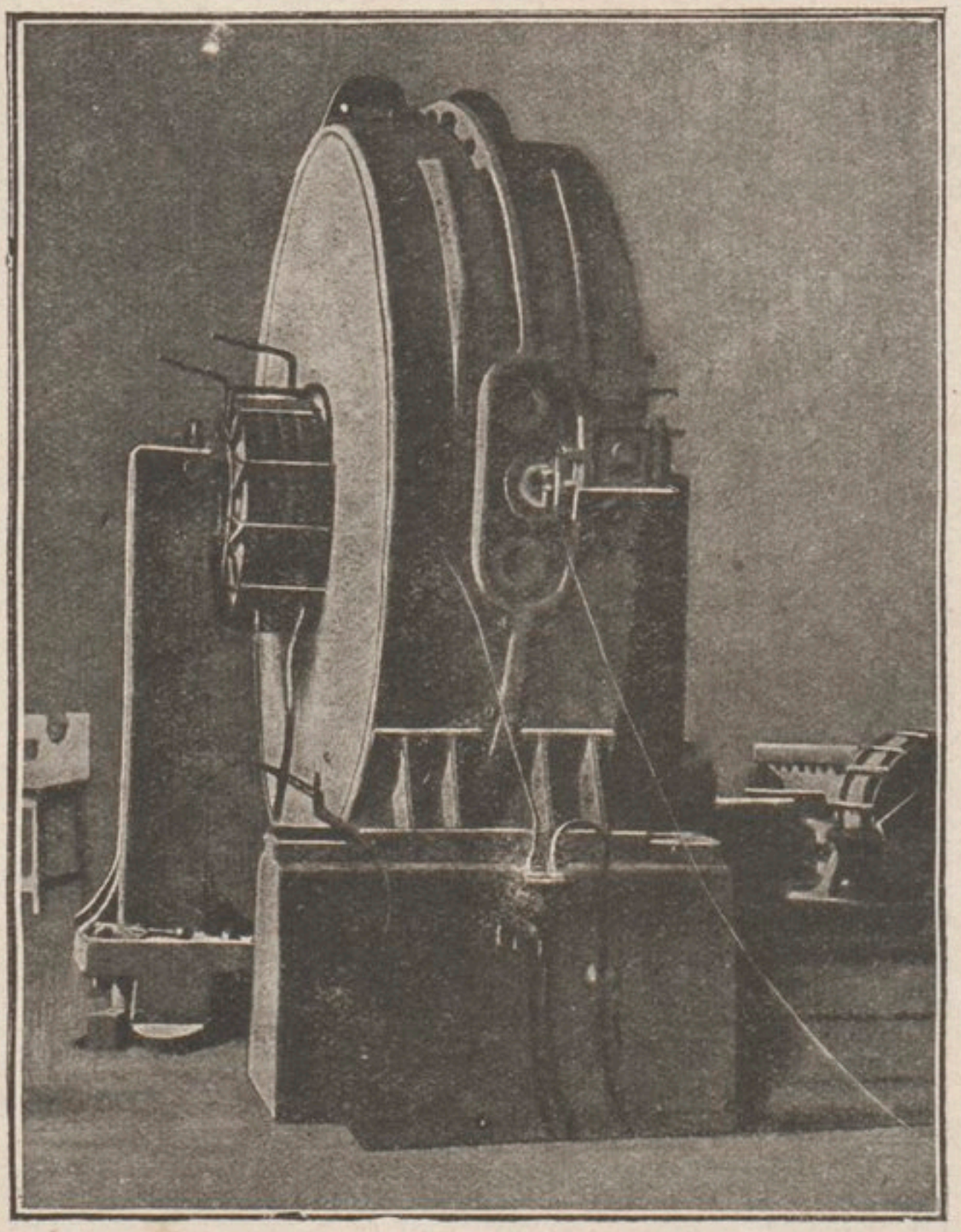


FIG. 8. — FOUR BIRKELAND-EYDE A OXYDES D'AZOTE

Dans un autre dispositif imaginé par les chimistes français Limb et Louis, on a surtout cherché à obtenir une grande stabilité de l'arc, qui est maintenu en équilibre par l'action combinée de deux forces répulsives.

Dans le procédé Brisset et Muguet (fig. 6), on utilise un arc électrique mobile verticalement de bas en haut et soumis, pendant son mouvement ascensionnel, au flux d'un aimant qui le suit, quelle que soit sa position, dans la chambre à réaction. L'appareil comprend une tour de forme rectangulaire et très étroite, de façon à laisser très peu de place entre l'arc électrique et les parois intérieures. Les briques possèdent, de distance en distance, des nervures en saillie sur l'intérieur, ce qui produit un brassage très actif des gaz, qui sont obligés de revenir sur l'arc dans leurs courses de va et vient. Un élément important de l'appareil est constitué par un fort aimant dont les sabots embrassent la partie la plus étroite de la tour ; ces sabots sont munis de talons et fournissent ainsi une grande concentration des lignes de force en un point donné de la chambre de chauffe. Ces sabots sont munis eux-mêmes d'antennes qui se prolongent jusqu'à la partie supérieure de la tour, produisant ainsi la fermeture de celle-ci par l'arc lui même. Le mouvement des gaz s effectue de bas en haut dans ce dispositif, ce qui permet d'utiliser aussi bien le courant à haute tension provenant d'un transformateur que le courant d'une dynamo.

Dans un autre ordre d'idées, le docteur Schönherr a imaginé un procédé permettant d'obtenir artificiellement le nitrate de calcium en partant de l'air atmosphérique. A cet effet, on fait naître un arc électrique dans un tube cylindrique vertical entre une électrode disposée au fond de ce cylindre et sa paroi latérale. La très haute température qui règne dans le four permet ainsi aux éléments de l'air d'entrer aussitôt en combinaison et de donner naissance à de l'oxyde d'azote.

De tous les procédés connus c'est incontestablement celui imaginé par Birkeland et Eyde qui a reçu les applications les plus importantes ; il consiste à utiliser l'action de l'arc électrique pour la production des

réactions chimiques déterminées, mais en limitant son rôle de manière qu'aucune réaction secondaire ne vienne contrarier les produits déjà formés.

Nous dirons d'abord quelques mots des principes théoriques sur lesquels cette méthode est basée. Si l'on place deux électrodes pointues en cuivre aux bornes d'un alternateur à haute tension et perpendiculairement à la ligne des pôles d'un fort électro-aimant, on peut facilement observer la production d'une flamme due à l'électricité et qui prend la forme d'un disque au lieu d'affecter la forme d'un cylindre ou d'un cône renversé (figures 7 et 7 bis, page 135).

Ainsi donc, dans des conditions déterminées, on peut réaliser des disques lumineux au moyen d'électrodes creuses de cuivre ; voici l'explication que Birkeland donne de ce très curieux phénomène :

« Dès que le courant électrique se manifeste, prend naissance, aux extrémités des électrodes assez rapprochées, un arc très court qui constitue pour ce courant un conducteur extrêmement facile à déplacer et à étirer dans un champ magnétique intense et étendu, puisqu'il comprend vers le centre près de 4.500 lignes de force par centimètre carré. »

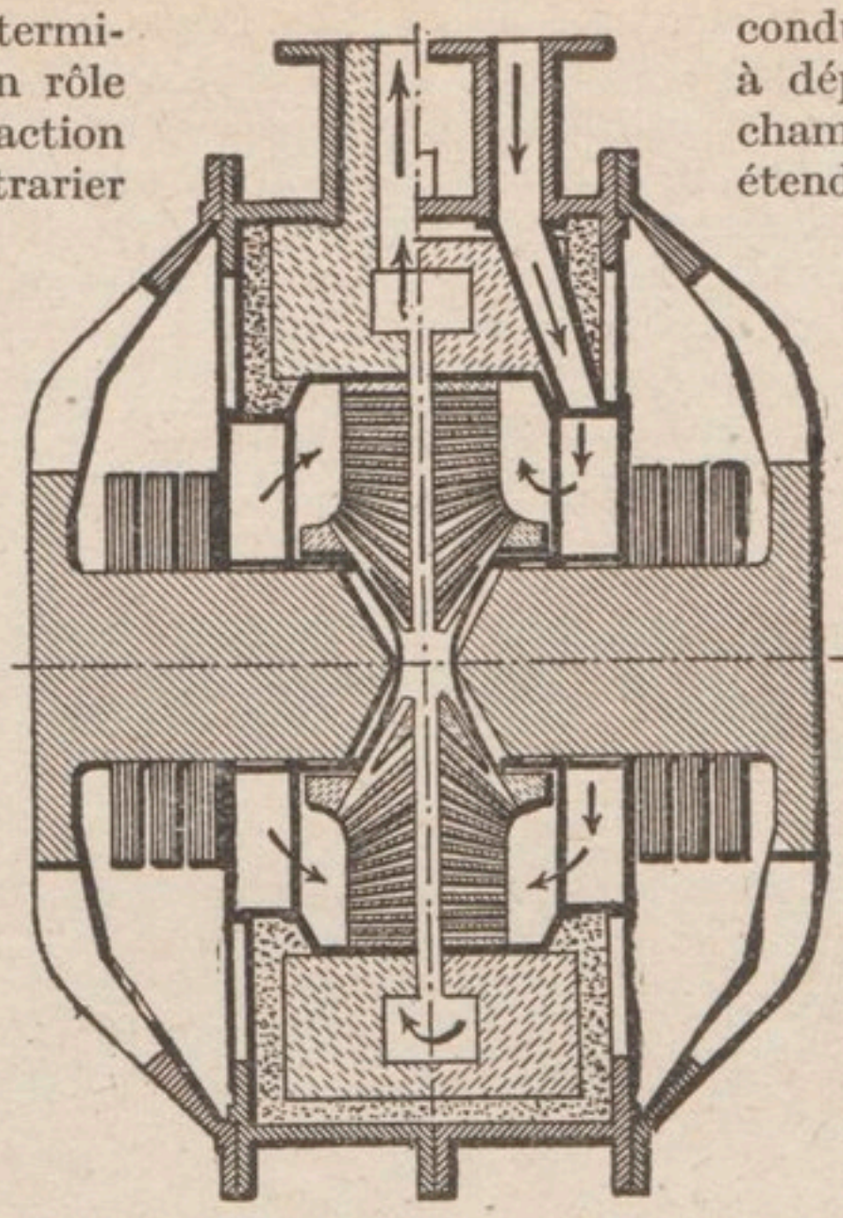


FIG. 9. — COUPE MONTRANT LA MARCHE DES GAZ DANS LE FOUR BIRKELAND-EYDE

Quand l'arc est formé, il se déplace dans le sens perpendiculaire aux lignes de force, d'abord rapidement, puis avec une vitesse plus faible jusqu'au moment où les extrémités des électrodes éloignent l'arc électrique. La longueur de l'arc augmente, sa résistance s'accroît également et la tension monte aussi jusqu'à suffire à la formation d'un nouvel arc, petit, dont la résistance est faible ; de ce fait, la tension entre les électrodes baisse instantanément et l'arc allongé se trouve éteint. Dans le courant continu on n'a qu'un demi-disque ; dans le cas du courant alternatif on a un disque complet, stable, homogène et très éclairant, comme le montrent nos schémas.

Ces quelques explications étaient absolument indispensables avant de procéder à la description du four Birkeland-Eyde.

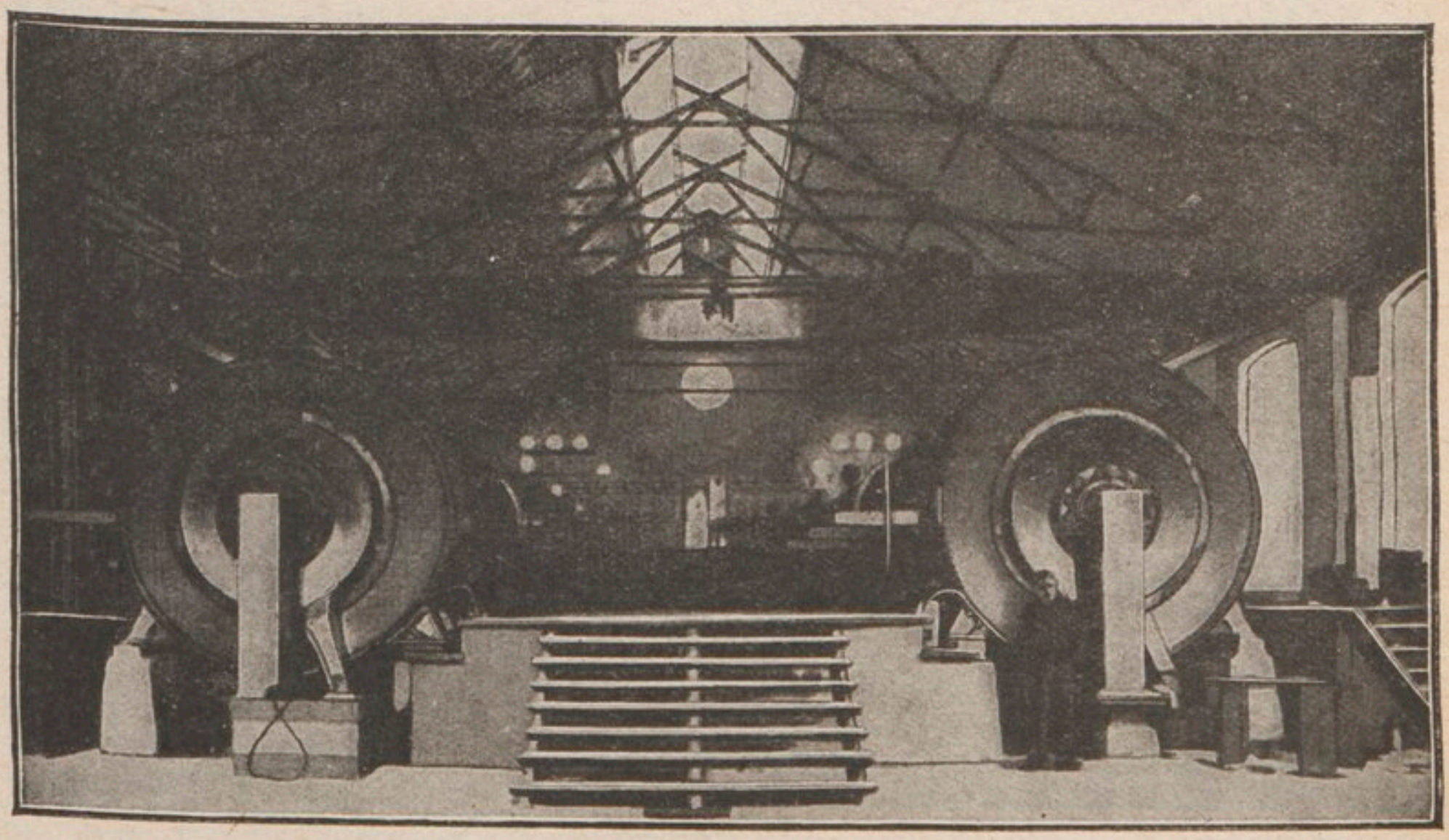


FIG. 10. — SALLE DES FOURS ÉLECTRIQUES DANS UNE USINE A ACIDE NITRIQUE

Le four Birkeland-Eyde est l'élément fondamental de la fabrication électro-chimique de l'acide nitrique. Ce four est construit en matériaux réfractaires, capables de résister à la haute température qui règne dans la chambre à feu ; extérieurement, il est enveloppé d'une armature métallique. Le premier appareil construit (fig. 8) se composait d'une chambre étroite située au centre dans un sens perpendiculaire à celle des lignes de force d'un système d'aimants composé par deux puissants électro-aimants ayant leurs pôles tournés en dedans vers la partie centrale de l'appareil et dans l'axe de la chambre à feu. L'arc électrique était produit par des électrodes refroidies intérieurement par une circulation d'eau. Avec 1.000 chevaux, on obtenait des flammes ayant 1 m. 80 de diamètre ; l'appareil avait une hauteur de 2 mètres et la partie où se produisait la flamme n'avait que 80 millimètres de largeur. L'air pénètre dans un tel four par les électrodes à la vitesse de 150 litres à la minute (fig. 9); il en sort par des conduites amenant les produits d'oxydation dans des tours qui sont destinées à les transformer en acide nitrique d'abord, puis, ensuite, en nitrates.

Les fours de grande puissance installés en Norvège ont subi de nombreuses modifications qui ont donné à l'appareil Birkeland-Eyde une stabilité remarquable, à tel point qu'il peut être utilisé pendant une année sans nécessité d'aucun réglage.

Une usine employant ce procédé comprend une série de bâtiments situés dans le prolongement l'un de l'autre et comprenant : le bâtiment des fours, voisin de celui qui contient les tours d'oxydation ; le bâtiment des tours d'absorption où se produit la condensation de l'acide; le bâtiment de fabrication du nitrate de chaux, et, enfin, les magasins de manipulations, d'emballage, etc...

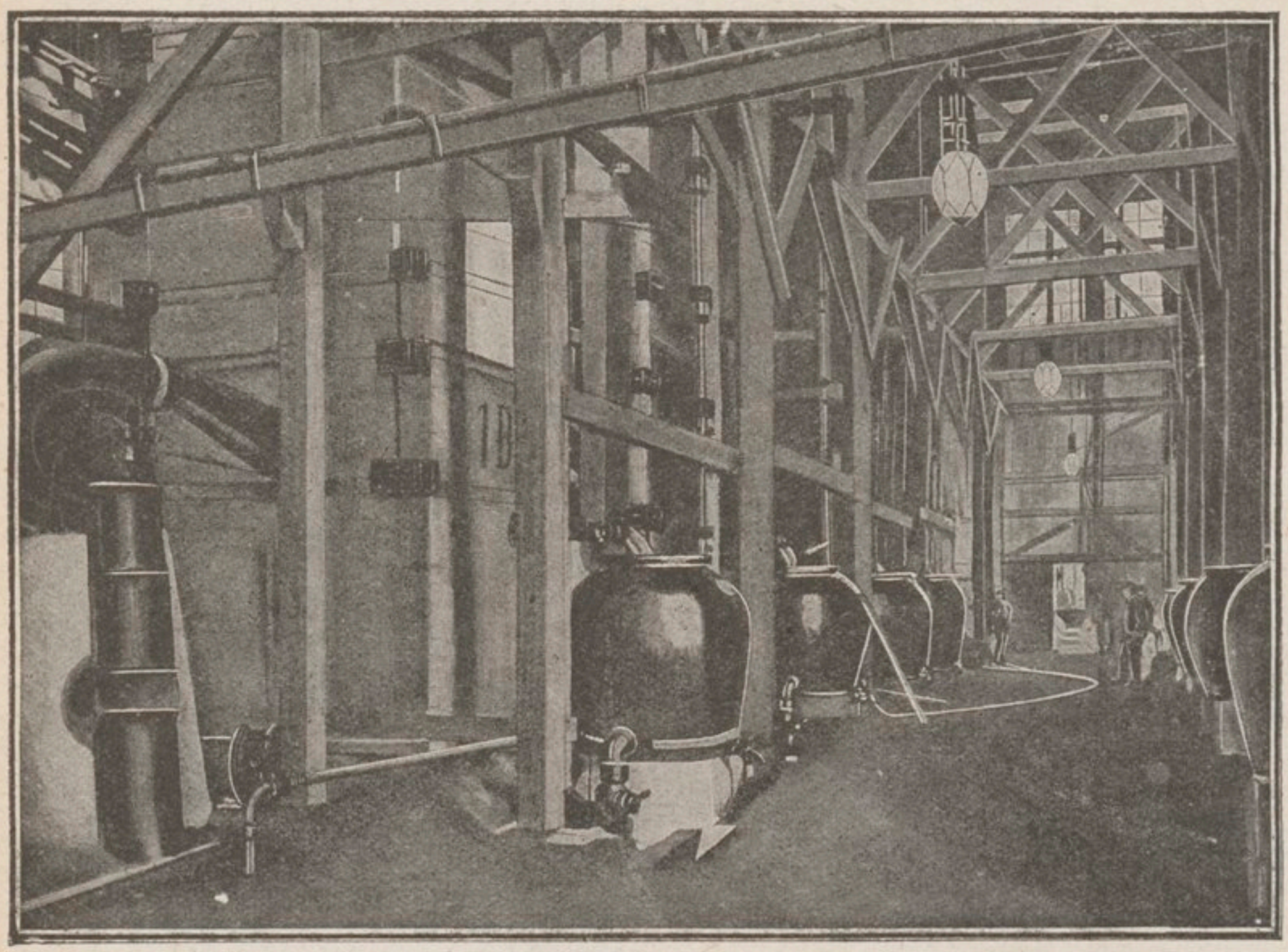


FIG. 11. — TOURS D'ABSORPTION DES OXYDES D'AZOTE (FABRIQUE D'ACIDE NITRIQUE)

Une des installations les plus modernes comprend une salle contenant trente-deux fours électriques dont vingt-sept fonctionnent à la fois, les cinq autres constituant des appareils de rechange quand les premiers chôment (fig. 10). Huit ventilateurs, placés dans les sous-sols de la salle des fours, envoient l'air dans ces derniers, avec une vitesse régulière que l'on peut régler à volonté.

Le four Birkeland, tel que nous venons de le décrire, donne simplement de l'oxyde azotique ; d'autre part, nous savons que l'oxyda-

tion de l'azote produite à haute température est une opération réversible. Par conséquent, pour obtenir un rendement maximum il faut que le four laisse sortir les gaz contenant les vapeurs nitreuses à une température très inférieure à celle qui correspond à leur formation. Aussi, à la sortie des fours, les gaz passent-ils d'abord dans des chaudières tubulaires qui abaissent leur température vers 250° ; on les dirige ensuite dans des réfrigérants spéciaux en aluminium où leur température ne tarde pas à tomber à 50° environ.

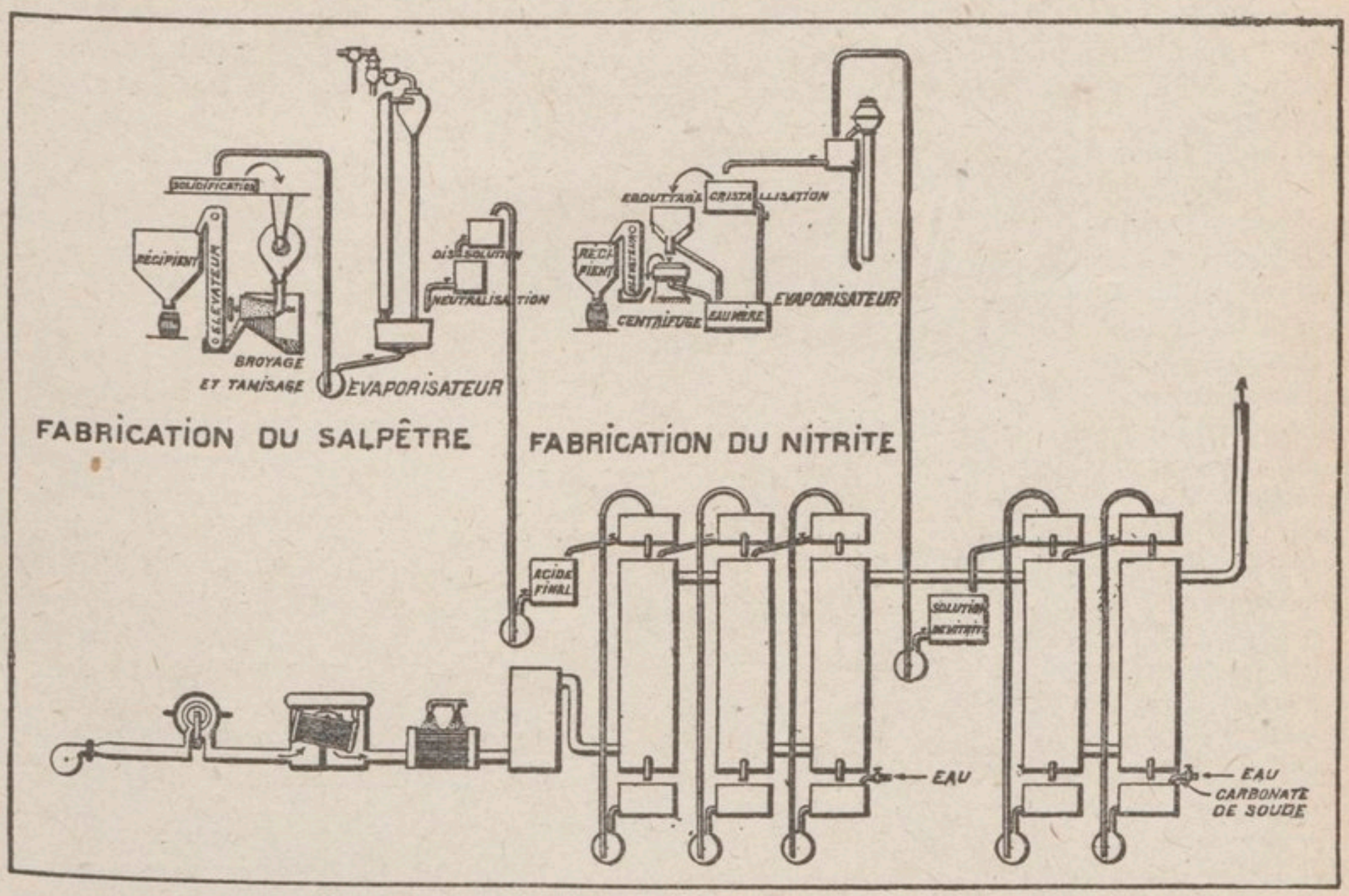


FIG. 12. — INSTALLATION SCHÉMATIQUE DE LA PRÉPARATION DE L'ACIDE NITRIQUE

On prépare par les mêmes procédés électro-chimiques le nitrate de chaux et le nitrate de soude.

Les gaz séjournent ensuite dans les tours d'oxydation où l'oxyde azotique se transforme en peroxyde d'azote, puis dans les tours d'absorption où se forme l'acide nitrique. L'acide nitrique concentré a, commercialement, une valeur beaucoup plus grande que l'acide ordinaire ; on a donc cherché à l'obtenir industriellement avec le minimum de frais. On utilise à cet effet de la chaleur abandonnée par les gaz nitrés eux-mêmes au sortir du four électrique et on leur fait parcourir une espèce de circuit qui permet d'employer leurs calories d'une manière pratique et économique. Il y a deux phases de concentration : la première fait monter de 36 à 60 % la teneur de l'acide en produit pur et la deuxième élève cette teneur jusqu'à 95 et 98 % en acide nitrique pur. La première concentration est faite par contact direct des gaz chauds avec l'acide faible dans les tours de concentration où une partie de l'eau contenue dans les acides s'évapore.

La deuxième partie de l'opération s'effectue en mélangeant l'acide nitrique à 60 % à deux fois à peu près son poids d'acide sulfurique à 92 %. Le mélange est introduit dans une autre tour chauffée extérieurement par les gaz du four ; on recueille alors de l'acide nitrique très fort et d'une très grande pureté.

Comme l'a exposé avec une remarquable clarté M. Escard, la chaleur des gaz sortant des fours électriques est employée dans les trois opérations suivantes :

Pour concentrer l'acide sulfurique de 77 % à 92 % : pendant cette opération, la température des gaz s'abaisse de 800 à 500° ; dans la distillation du mélange d'acide nitrique à 60 % et d'acide sulfurique à 92 % : la température est abaissée, dans un temps relativement court, de 500° à 350° environ.

Dans la concentration de l'acide nitrique de 35 % à 60 % par contact direct des gaz : l'abaissement de température a lieu alors de 350° à 500° et parfois légèrement plus.

Cette fabrication d'acide nitrique concentré et pur rend de précieux services à l'indus-

trie, les produits commerciaux étant généralement saturés de vapeurs nitreuses et d'un prix que les procédés électro-chimiques ont largement et heureusement concurrencé.

Dans certaines usines, la production électro-chimique des composés nitrés est exclusivement destinée à la fabrication du nitrate de chaux, soit en passant par l'acide nitrique faible, soit par absorption directe et immédiate des gaz nitrés par la chaux.

A l'heure où notre attention est tournée non seulement vers la fabrication, mais encore vers l'agriculture, il n'est peut-être pas inutile de dire quelques mots sur les procédés employés pour obtenir le produit qui donne en culture les résultats les plus remarquables.

Le procédé le plus simple consiste à neutraliser l'acide qui sort des tours de granit par du calcaire grossièrement concassé. Cette opération s'effectue dans de grandes cuves de granit; les qualités fertilisantes du nitrate de chaux ainsi fabriqué sont au moins égales à celles du nitrate de soude du Chili. M. Schloesing fils a imaginé, d'autre part, un procédé qui a pour but de fabriquer directement du nitrate de chaux sans passer par l'intermédiaire de l'acide nitrique et qui consiste essentiellement à faire absorber, à température élevée et à sec, par des bases fixes, les oxydes d'azote.

M. Schloesing a utilisé un dispositif composé d'une caisse remplie de matière que l'on peut porter à une température voisine de 350°-400°. Dans cette caisse se trouvent des cylindres métalliques terminés par des calottes demi-sphériques dans lesquelles passent des tubes de communication entre les divers cylindres, qui contiennent, en quantités bien déterminées, des morceaux de chaux vive agglomérés par la chaleur.

Les gaz nitreux sortant du four Birkeland passent par un dessicateur, pénètrent dans le premier cylindre, puis successivement dans les autres. Les gaz nitrés se transforment intégralement et presque instantanément en nitrate de chaux. Cette méthode permet d'utiliser entièrement l'azote fabriqué dans les fours électriques et il n'y a aucune perte de ce gaz au moment de l'absorption des oxydes nitreux par la chaux.

Les produits pouvant être obtenus par les procédés Birkeland-Eyde sont: le nitrate de soude, l'acide nitrique pur et le salpêtre. Nous reproduisons un schéma de la préparation industrielle de ces produits, tous de première importance (fig. 12).

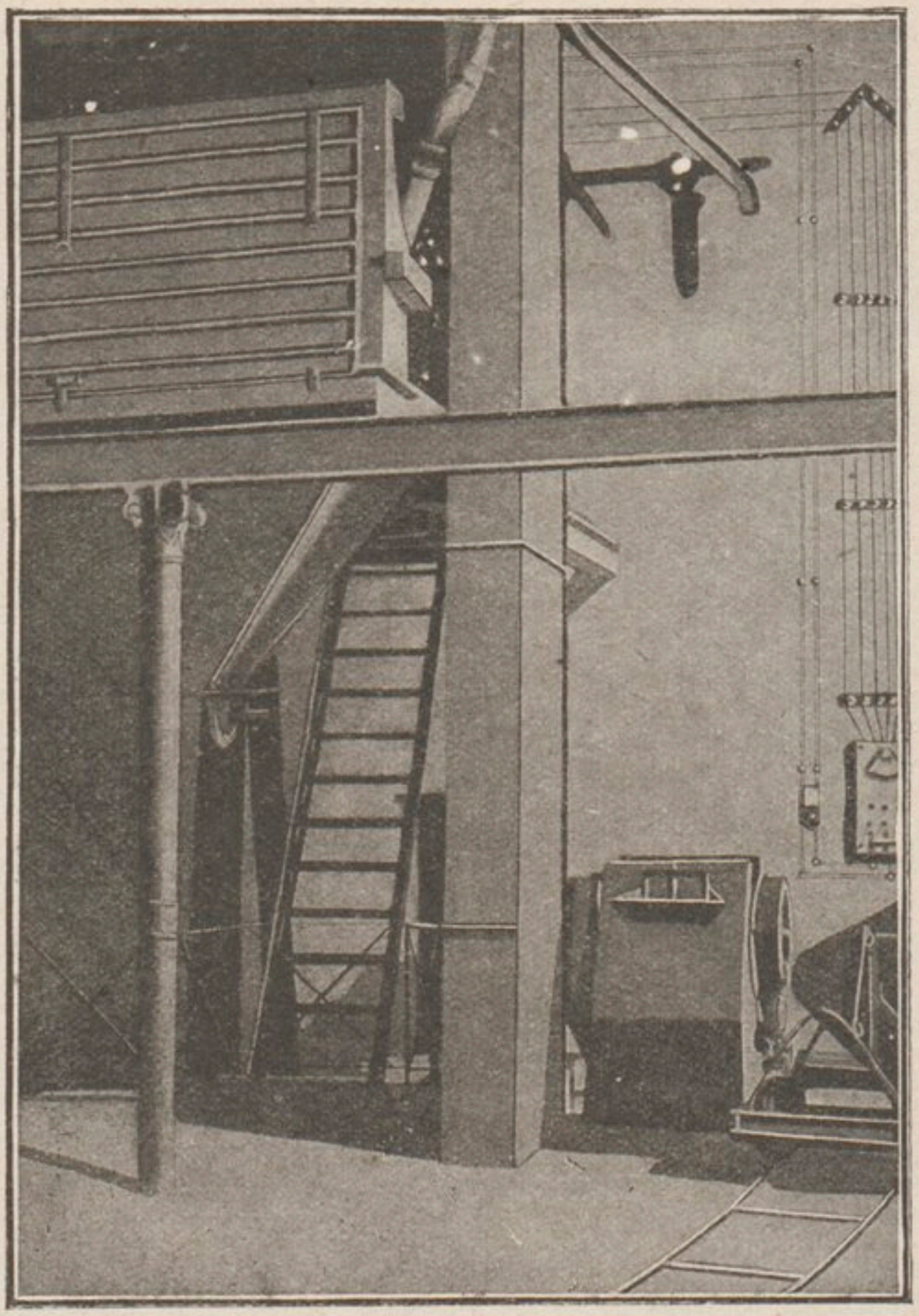


FIG. 13. — ATELIER DE BROYAGE DE LA CYANAMIDE

Nous ne saurions terminer cet article sans consacrer quelques lignes à la cyanamide calcique, connue encore sous le nom de chaux azotée; c'est un produit artificiel très précieux contenant de l'azote, du carbone et du calcium.

La fabrication de la cyanamide calcique est basée sur la possibilité de combiner, à des températures plus ou moins élevées, l'azote avec des métaux parmi lesquels il convient surtout de citer le magnésium et le calcium.

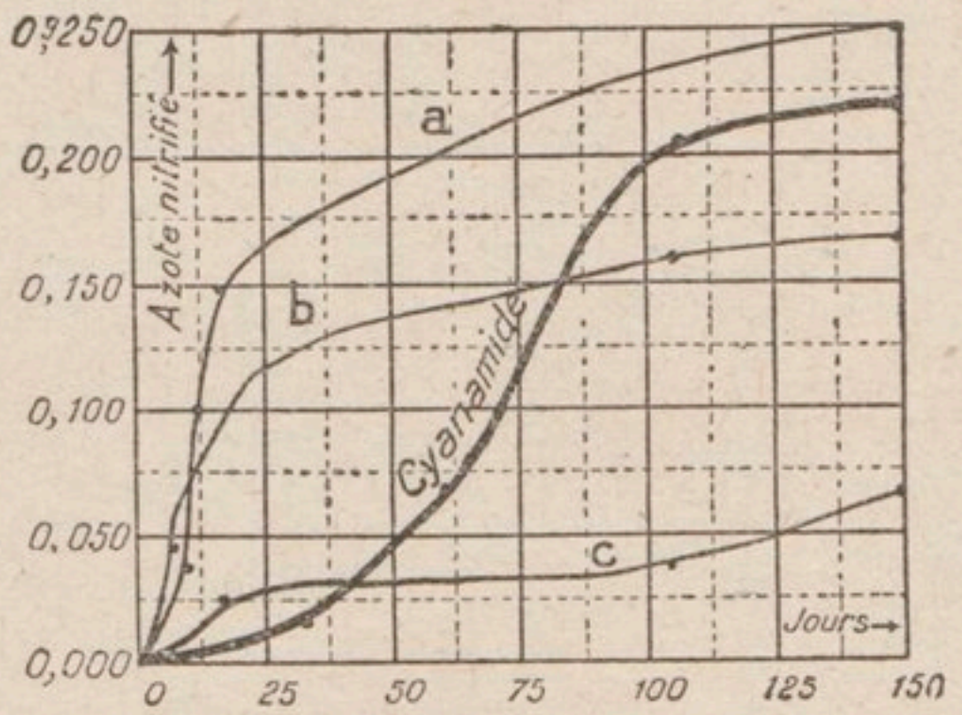
Ce fut en 1895, au cours de diverses expériences, que Frank et Caro remarquèrent que les carbures alcalino-terreux absorbaient l'azote sous l'influence de la chaleur.

En France, la plus importante usine appliquant ce procédé est celle de Notre-Dame de Briançon ; comme le carbure de calcium constitue la matière première la plus importante de cette fabrication, on a eu soin d'installer l'usine à cyanamide à côté d'une usine à carbure. Le carbure de calcium est concassé dans un casse-pierre à mâchoires, puis est envoyé dans un moulin à boulets et passe finalement dans un tube garni de silex. Le carbure, réuni dans une trémie, est chargé directement dans les fours servant à la préparation de la cyanamide ; quant à la préparation de l'azote, elle se fait dans un atelier spécial au moyen d'appareils perfectionnés de Linde.

Le carbure, qui est placé dans des fours cylindriques, est chauffé à une température voisine de 1.100°, en même temps qu'on le fait traverser par un courant d'azote. L'opération dure de quinze à cinquante-six heures et l'on est prévenu de la terminaison de la réaction « par une élévation de température qui se manifeste très nettement en passant par un maximum ». Une fois retirée des fours, la cyanamide calcique est soumise au broyage dans un concasseur (fig. 13), puis on la réduit en poudre très fine et on l'ensache pour l'expédition.

Dans la majorité des cas, ce corps donne de bons résultats et paraît se comporter, au point de vue de la fumure de la terre et du rendement des récoltes, comme le sulfate d'ammoniaque.

Nous reproduisons ci-dessous un graphique intéressant de M. Escard donnant, par kilogramme de terre, le poids d'azote nitrifié par la cyanamide et par d'autres engrais plus ou moins azotés.



GRAPHIQUE DONNANT, PAR KILOGRAMME DE TERRE, LE POIDS D'AZOTE NITRIFIÉ PAR LA CYANAMIDE ET AUTRES ENGRAIS AZOTÉS

a, *sulfate d'ammoniaque ;* b, *sang desséché ;* c, *cuir torréfié.*

En résumé, d'après les recherches nombreuses auxquelles a donné lieu l'emploi de la cyanamide, on peut dire que ce produit est un engrais azoté de haute valeur, comparable par ses effets au nitrate de soude et au sulfate d'ammoniaque. De plus, elle peut être introduite dans le sol à l'état de mélange avec d'autres engrais phosphatés ou potassiques, en une seule fois, à l'automne.

Ainsi donc, que nous soyons en guerre ou que nous soyons revenus au temps de paix, la fabrication de l'acide azotique et de ses composés est de toute première importance.

La préparation électro-chimique de l'acide nitrique et de ses composés rend actuellement les plus grands services à la fabrication de nos explosifs et, répétons-le, elle sera des plus précieuses pour l'agriculture à qui elle fournit les meilleurs des engrais.

M. Escard a constitué un tableau schématique que nous reproduisons ci-contre et qui montre la multiplicité étonnante des emplois de l'acide azotique et des composés qui en dérivent.

On conçoit aisément l'importance de la solution d'un tel problème, surtout à l'époque tragique où nous vivons et quand il faudra reconstituer notre sol.

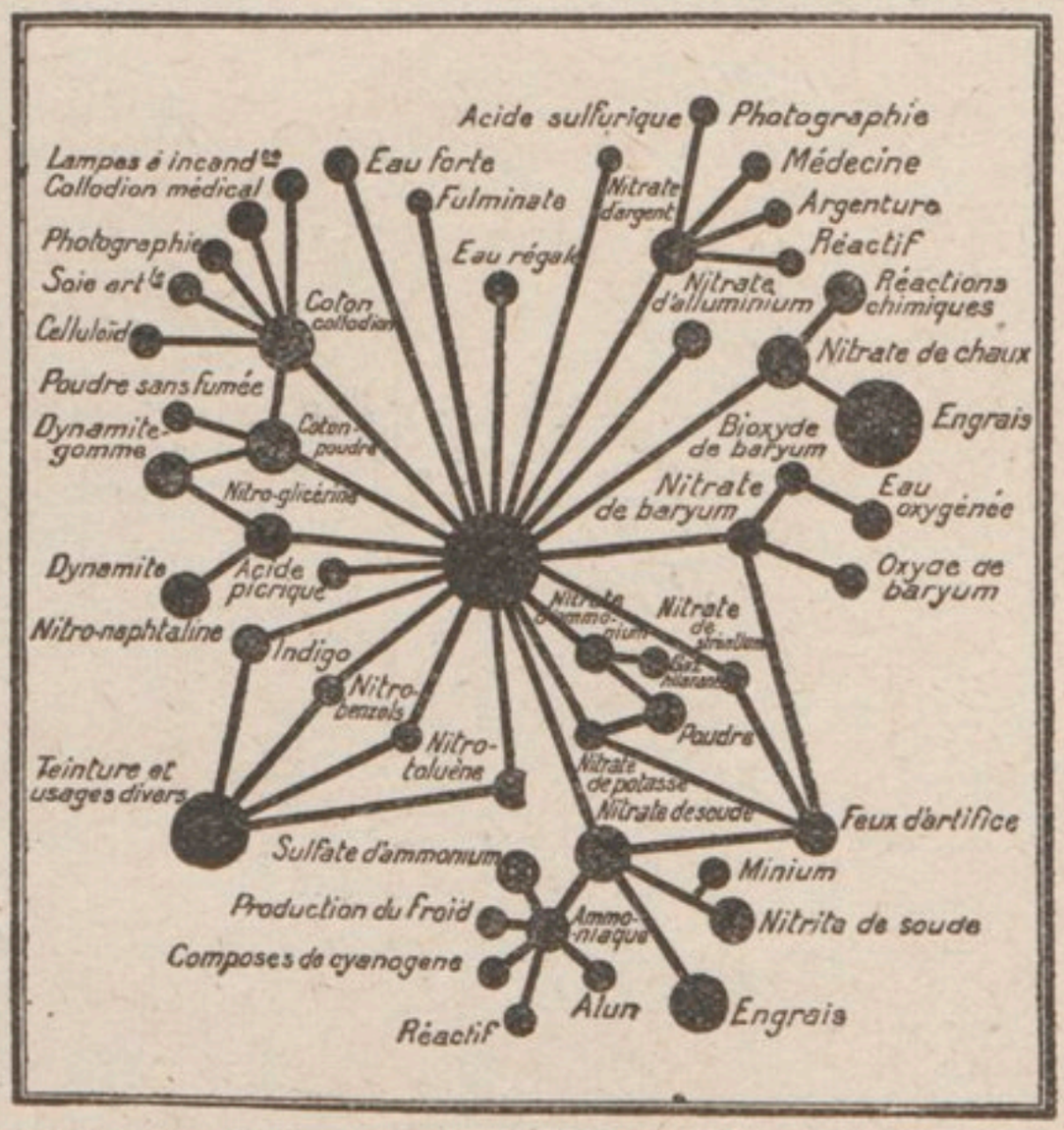


TABLEAU SYNTHÉTIQUE DE M. ESCARD

Ce tableau montre les différents emplois de l'acide nitrique et de ses composés.

Ulysse Caravehl.

MOISSONNEUSES-LIEUSES « ALBION », ACTIONNÉES PAR UN PUISSANT TRACTEUR AGRICOLE, DANS UN CHAMP DE BLÉ DU CANADA

LE BLÉ AMÉRICAIN POUR LES ALLIÉS

Par Georges **CARAMAN**

En période normale, la France est le plus gros producteur de blé, non seulement de l'Europe (après la Russie), mais aussi du monde, après les Etats-Unis et l'Inde. Sa production moyenne était, en effet, avant la guerre, de 86 millions et demi de quintaux, alors que l'Angleterre n'en récoltait, assez péniblement, que 16 millions, l'Allemagne 41 et demi, l'Italie 50, l'Autriche 16 et demi, la Belgique 4 à peine.

La consommation par habitant et par an était, il est vrai, de 224 kilos contre 164 en Angleterre, 87 en Allemagne, 168 en Italie, 92 en Autriche. Seule la Belgique était plus gros mangeur de pain que nous, avec 229,5 kilos par unité de sa population.

Il s'ensuivait que l'Angleterre devait importer pour sa consommation 59 millions de quintaux, l'Allemagne 19 millions, l'Italie 15, l'Autriche 14, la Belgique 13,5 et la France 12 seulement. Encore ce dernier chiffre était-il considérablement diminué dans les bonnes années, où nous nous suffisions presque à nous-mêmes avec des importations d'Algérie et de Tunisie qui compensaient une légère exportation. Et même, en 1907, qui fut une année de record, la production s'éleva au chiffre énorme de 103.753.000 quintaux. laissant 5 millions et demi de quintaux pour la réserve nationale et pour l'exportation.

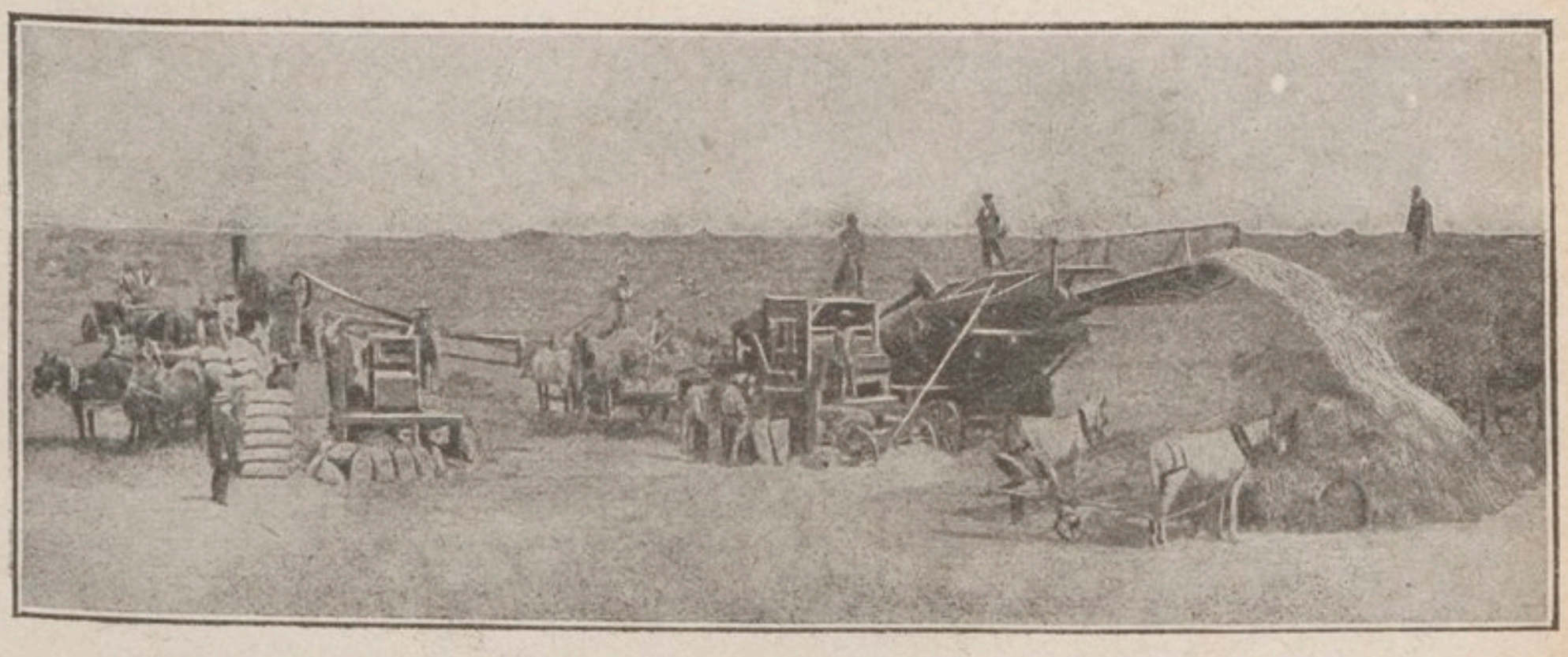
Dans de telles conditions, il eût semblé que la France ne devait qu'assez peu souffrir dans sa consommation en pain, par suite des hostilités. Mais il n'en a malheureusement pas été ainsi, car la guerre a pris une ampleur que personne n'avait prévue à son début.

En effet, la production s'abaissa, chez nous, en 1914, à 80 millions de quintaux (environ) en 1915, à 60 et demi ; en 1916, à 58 et demi, et en 1917, à 39 et demi. Ce dernier chiffre est lamentablement faible par suite, il est vrai, des mauvaises conditions climatériques des trois mois de printemps et du premier mois de l'été.

On sait toute la série de mesures qui furent prises tendant, d'une part, à restreindre la consommation, d'autre part, à encourager la production au moyen d'un système de primes à la culture grande et petite.

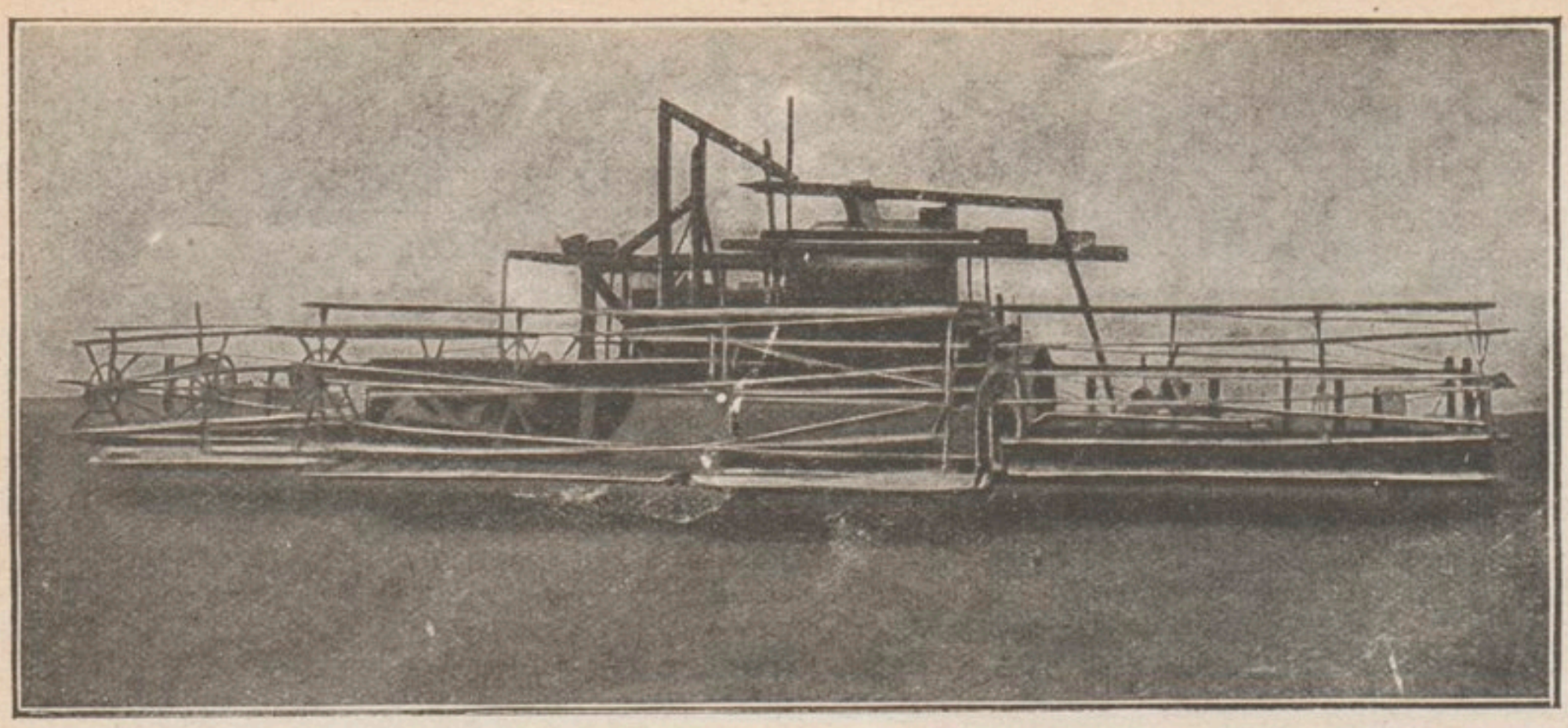
Mais elles furent nécessairement insuffisantes, et il fallut aller chercher du blé dans les pays où on pouvait encore en trouver.

Trois de ces pays nous intéressent spécialement, puisque c'est d'eux que nous recevons actuellement notre pain quotidien : les Etats-Unis, l'Argentine, le Canada. Il ne sera donc pas sans intérêt de jeter un regard sur leurs cultures et de nous rendre compte de la façon dont s'y prennent leurs agriculteurs experts pour obtenir leurs superbes récoltes.



RÉCOLTE, BATTAGE ET MISE EN SACS DU BLÉ EN CALIFORNIE

Tout le travail se fait avec célérité sur le champ même. A droite: la batteuse dont le tourbillon rejette la paille, qui forme automatiquement une meule ; à gauche: le blé. Pesé et mis en sacs, il est aussitôt emporté par des chariots traînés par des chevaux à la gare la plus voisine.

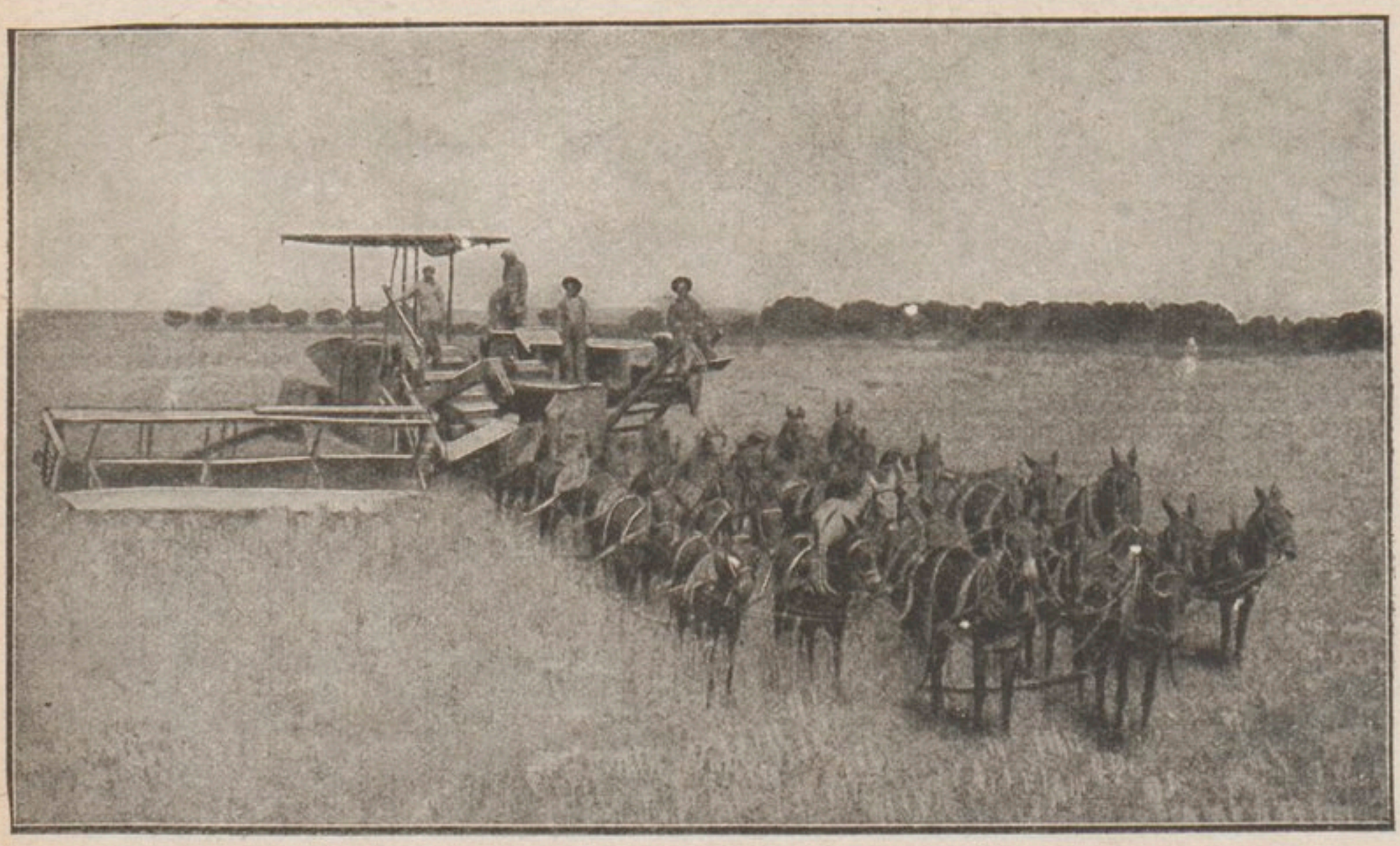


MOISSONNEUSE GÉANTE COUPANT ET BATTANT 1.800 SACS DE BLÉ PAR JOUR

En tête se placent naturellement les Etats-Unis, dont la production dépasse, à beaucoup près, celle de tous les autres pays.

Dans les immenses contrées de l'Ouest américain, là où, il y a un demi-siècle, le terrain, à peu près sans valeur, était à qui voulait le prendre pour le cultiver, se trouvent actuellement les grandes fermes de milliers d'hectares, les *bonanza farms*, comme on les appelle dans le pays, vastes exploitations agricoles dont les types les plus remarquables se rencontrent surtout dans les Dakotas, en Californie, dans les Etats extrêmes du nord-ouest des Etats-Unis, le *Farwest*, au sud du Manitoba canadien, et qui se consacrent presque exclusivement à la production du blé.

Les propriétaires de ces domaines sont, pour la plupart, des hommes d'affaires, des capitalistes ou des spéculateurs enrichis qui habitent New-York, ne faisant que de courtes apparitions, donnant leurs ordres de leurs bureaux et laissant le plus souvent la direction matérielle et la surveillance à un *manager* (directeur ou administrateur) ayant par-



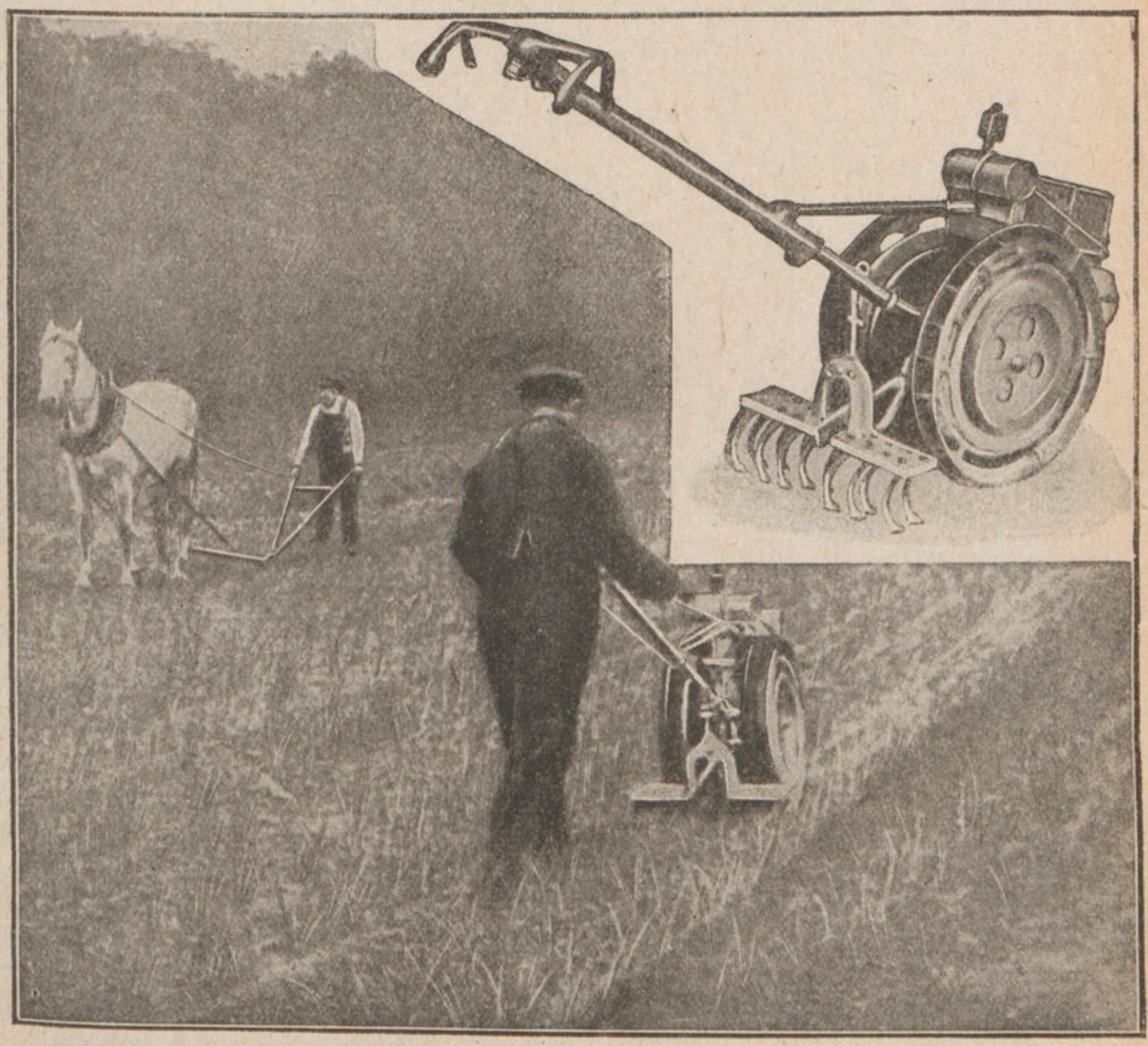
ATTELAGE DE 40 MULES REMORQUANT UNE GIGANTESQUE MOISSONNEUSE

L'immense champ californien où cette machine puissante opère est moissonné en quelques heures.

fois des appointements de ministre. Les Américains n'ont-ils pas leurs rois du blé ?...

Chaque ferme est généralement divisée en plusieurs divisions, ou parties, sous les ordres d'un *superintendant*, et formant chacune un tout complet, avec dortoir, réfectoire, salle de réunion ou fumoir pour le personnel, écurie pour une centaine de chevaux, hangars pour remiser les machines agricoles composées d'une dizaine de charrues à quatre chevaux ou davantage, une huitaine de semoirs, une demi-douzaine de herses et autant de moissonneuses-lieuses des modèles les plus perfectionnés. Une machine à vapeur, pour actionner la machine à battre, et parfois (mais pas toujours), des tracteurs mécaniques complètent le gros outillage, les menus ustensiles de culture étant prévus en proportion de l'exploitation.

Pour chaque division également, deux cuisiniers sont occupés exclusivement à la préparation des aliments et au service des repas dans le réfectoire ; enfin, un forgeron et un charpentier (plus un mécanicien quand il existe des tracteurs), sont chargés d'un bout de l'année à l'autre, des réparations et de la surveillance de l'outillage agricole.



NOUVELLE MACHINE AGRICOLE, ÉCONOMIQUE, A FAIBLE MOTEUR

Cette minuscule machine, conduite par un seul homme, accomplit dans une journée un travail considérable·

Pour l'ensemble des divisions, des magasins à grains avec élévateurs, en nombre suffisant et pouvant contenir chacun 10.000 à 20.000 hectolitres, sont construits aux extrémités de la petite voie ferrée qui traverse généralement l'exploitation. Le bureau central, où se tiennent le directeur et le comptable, est relié par téléphone aux bureaux divisionnaires et aux principaux endroits de la ferme. Enfin, de confortables maisons d'habitation, aménagées à la moderne et non

dépourvues d'élégance extérieure, sont destinées au manager, au comptable, aux superintendants et aux membres de leur famille.

Ce sont les blés de mars ou blés de printemps *(spring wheat)*, qui se cultivent principalement dans ces Etats du nord. Une des particularités de leur culture est que la paille n'est pas utilisée, car, en raison de son peu de valeur, son transport à distance serait trop onéreux. On la brûle sur le terrain même de production auquel elle sert d'engrais (une

LABOURAGE RAPIDE AU MOYEN D'UNE CHARRUE TRÈS LÉGÈRE

L'instrument est tiré par des mulets d'une race très forte, qu'on attelle généralement à trois de front.

partie sert à chauffer les machines à vapeur actionnant les batteuses). Cela se fait après la récolte, en septembre. Le mois suivant commencent les labours. On y emploie des charrues qui creusent deux sillons à la fois et parfois davantage et auxquelles on attelle quatre ou cinq chevaux, selon la nature plus ou moins forte de la terre. On utilise aussi des tracteurs mécaniques perfectionnés. Mais il ne faudrait pas croire que ceux-ci sont employés partout. Même en Amérique, c'est le cheval qui sert surtout dans les cultures.

Ces labours durent un mois ou six semaines, selon le temps plus ou moins favorable. Les hommes qui en sont chargés, ou laboureurs, sont au nombre d'une cinquantaine, dont une partie seulement est « en pied » et reste occupée à la ferme toute l'année. Les autres sont des ouvriers temporaires ou auxiliaires. Les premiers reçoivent une solde mensuelle de 20 à 30 dollars (100 à 150 francs) et ils ont en plus la nourriture, le logement et le blanchissage. Ils déjeunent le matin à 5 heures et ils soupent le soir à 7 heures et demie. De plus, à midi, ils peuvent généralement disposer d'une pleine heure de liberté.

Le labourage se fait par files d'une dizaine de charrues disposées en échelons, c'est-à-dire que la deuxième charrue est placée un peu en retrait de la première, mais de façon que les sillons tracés par l'une et par l'autre soient parallèles, et ainsi des autres

Quand le printemps arrive, les hommes passent l'inspection des machines et les mettent en état. En mars ou en avril (et même en mai si la saison est tardive), le hersage se pratique. Si le temps est bon, un homme peut herser facilement de 25 à 30 hectares en un jour, avec une herse de 7 à 8 mètres.

Puis vient l'emblavure ou ensemencement avec des semoirs à quatre chevaux pouvant

fournir sur une largeur d'environ 3 m. 50. Un second hersage transversal se fait parfois après l'ensemencement, mais ce n'est pas partout l'habitude. Cet ensemencement se fait à raison d'un hectolitre par hectare, avec du blé prélevé sur la précédente récolte, et qui a été tout spécialement trié, nettoyé et conservé avec soin dans des greniers bien aérés. Les fermiers trouvent plus avantageux d'employer comme semence du grain indigène, adapté au sol et au climat depuis quarante ans. Les ouvriers conduisant les

PRÉPARATION DU SOL A L'AIDE D'UNE NOUVELLE MACHINE AGRICOLE

Cette machine, remorquée par un puissant tracteur, défriche la terre et étend le fumier sur une surface relativement large ; elle est en usage dans une grande ferme des Etats-Unis.

semoirs les suivent derrière à pied, tout en dirigeant l'attelage ; ils parcourent ainsi 30 et même 40 kilomètres dans une journée.

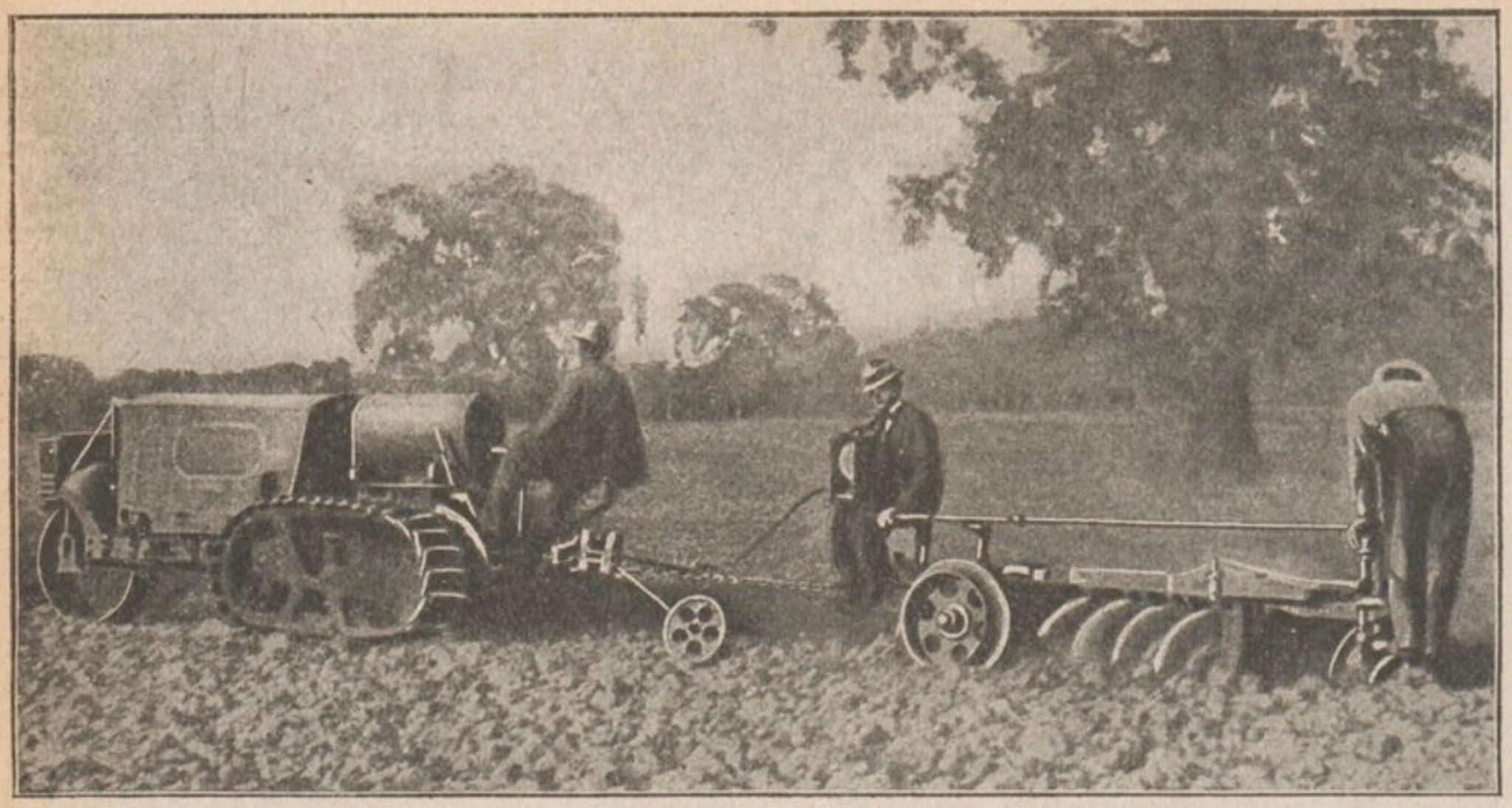
C'est après ce travail que les ouvriers auxiliaires quittent la ferme ; on ne les y embauchera plus que pour la moisson. Ils sont comme des oiseaux de passage. Ils commencent, en effet, les travaux de la moisson dans le sud, se déplacent, comme la saison elle-même, en montant vers le nord, et arrivent ainsi jusqu'aux *bonanza* de la Red River, où ils poursuivent leur tâche.

La moisson commence vers la fin juillet et dure ordinairement une dizaine de jours. Les fermes de quelque importance embauchent alors une centaine de ces moissonneurs supplémentaires, dont les plus habiles sont payés jusqu'à 70 et 80 francs par semaine, plus la nourriture et le logement.

En même temps qu'eux arrivent dans la vallée des trains entiers de machines neuves, car les fermiers du Dakota les font venir par wagons de chez le constructeur. Certains d'entre eux ne conservent pas les anciennes, car ils estiment que l'on peut, avec l'argent des réparations, l'intérêt de cet argent et les pertes de temps résultant de l'emploi d'une machine commençant à s'user, acheter deux machines neuves, calcul dont les agriculteurs français devraient bien profiter.

La moisson se fait avec des moissonneuses-lieuses à trois et quatre chevaux, rejetant les gerbes à gauche, de façon à faciliter le travail de la main droite aux ouvriers chargés de la mise en tas. Trois chevaux peuvent suffire par temps ordinaire. On n'attelle le quatrième que par temps humide, quand la terre est mouillée, lourde et l'avance difficile.

Mais c'est là le petit matériel ancien, encore très utilisé, d'ailleurs, surtout dans les exploitations modestes. Depuis un certain nombre d'années on se sert de machines beaucoup plus puissantes, à grand rendement ; elles sont traînées soit par des che-



TRACTEUR AGRICOLE « CATERPILAR » REMORQUANT UNE CHARRUE A DISQUES

La charrue, du système dit « cultivateur », est munie d'un dynamomètre qui enregistre avec précision la puissance de traction qu'il est nécessaire d'utiliser pour le labourage.

vaux ou des mulets, dont le nombre peut aller jusqu'à vingt-quatre, soit par des tracteurs mécaniques. Un modèle géant de ces moissonneuses a une portée fauchante de seize mètres. Mue par une machine à vapeur servant en même temps à la traction, elle coupe le blé, bat le grain avec rapidité et l'ensache à raison de 1.500 à 1.800 sacs par jour (voir la photographie à la page 144).

Le battage suit immédiatement la moisson, et chaque batteuse occupe une trentaine d'hommes. Ce travail doit être fait avec une grande célérité, car il faut, avant tout, que la pluie ne survienne, cette pluie pouvant, en une seule nuit, perdre du blé (car il n'est pas mis en meules) pour une somme plus considérable que celle représentée par l'achat de plusieurs machines; le fermier a toujours deux ou trois batteuses à fort rendement disponibles, même quand une seule pourrait, à la rigueur, lui suffire pour ses travaux.

Pour perdre moins de temps, et exceptionnellement, les cuisiniers apportent alors les aliments chauds aux équipes de travailleurs, qui déjeunent en plein champ.

Les gerbes sont placées verticalement et réparties par tas ; il y a toujours, de chaque côté de la batteuse, deux voitures chargées de ces gerbes, et deux hommes par voiture sont occupés à fournir. Une partie de la paille sert au chauffage de la machine, l'autre partie devant, comme on l'a dit plus haut, être brûlée comme engrais. Certains modèles de batteuses hachent la paille avant sa sortie, ce qui évite une accumulation gênante.

Le grain, battu et chargé sur les voitures, est conduit aux magasins, munis d'élévateurs, placés sur le parcours ou à l'extrémité de la voie ferrée desservant l'exploitation. Les voitures sont pesées automatiquement avant et après le déchargement, lequel se fait, toujours d'une façon mécanique, par un système d'augets de tous points semblable à celui de la distribution des produits de mouture dans les moulins modernes.

Un seul homme suffit au service de l'élévateur. Le grain y restera un nombre plus ou moins grand de semaines ou de mois, jusqu'à ce que le fermier, attendant une hausse favorable ou pressé par le besoin d'argent, se décide à le vendre. Et c'est encore d'une façon mécanique que se fera le chargement dans les wagons du chemin de fer.

La principale partie du blé du Dakota est dirigée vers Duluth, sur les bords du lac Supérieur, d'où elle est réexpédiée par eau. Une autre bonne partie prend le chemin de Minneapolis, ville fameuse par ses meuneries et qui envoie d'immenses approvisionnements de farine en Angleterre et dans d'autres pays. On estime que la récolte des seules fermes de la Red River ne représente pas moins de 30 millions de dollars (150 millions de francs), aux prix d'avant la guerre actuelle, bien entendu. Et cette culture donne lieu à une importante indus-

trie de construction de machines. A Fargo, petite ville du Dakota, on vend chaque année pour une quinzaine de millions de francs de ces machines agricoles, dont une bonne partie va dans les fermes à blé.

Leurs propriétaires, les rois du blé *(wheat kings)*, les ont acquises soit, comme on l'a dit plus haut, en se donnant la seule peine de défricher le terrain alors que, faute de moyens de communications, il n'avait nulle valeur, soit, plus récemment, en traitant à très bas prix avec les compagnies de chemins de fer de la région qui les avaient elle-mêmes reçues du gouvernement par concessions spéciales comme indemnités pour leurs dépenses d'établissement de la voie ferrée. Il y a eu, depuis trente ans, une plus-value considérable, car l'acre se payait avant la guerre 30 dollars (plus de 360 francs l'hectare). Comme certaines de ces fermes, et non les plus importantes, ont une étendue de 10.000 acres (4.000 hectares environ), cela représente, pour la seule valeur du terrain, un million et demi de francs.

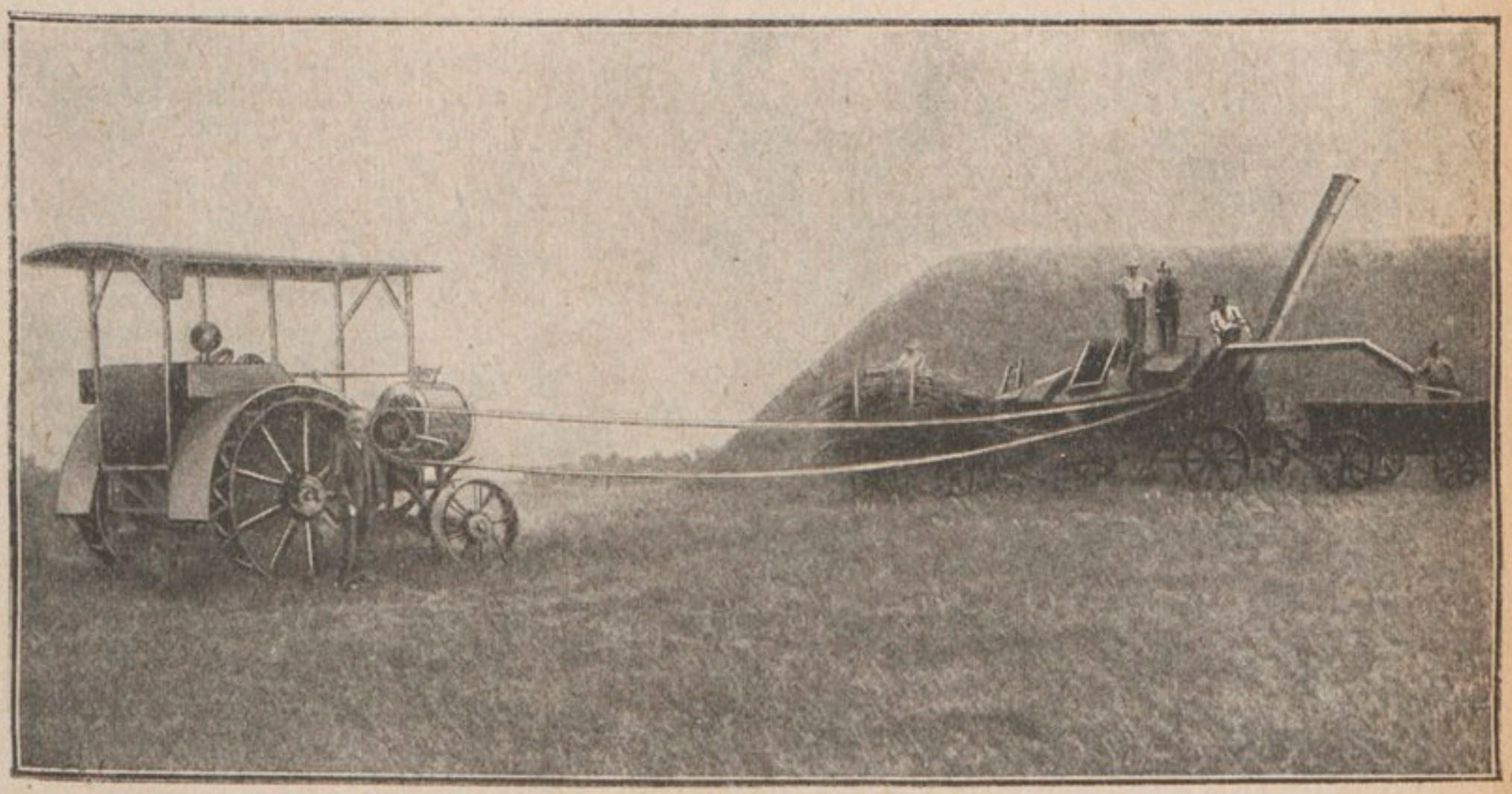
Pour se figurer ce que sont de pareilles entreprises, nous dirons qu'une équipe d'ouvriers occupée à une extrémité de certaines fermes d'une étendue considérable, peut y travailler toute la saison sans se rencontrer avec l'équipe opérant à l'autre extrémité.

Une seule grosse ferme de 4.000 hectares récolte en année moyenne 70.000 hectolitres de blé (à raison d'une vingtaine de bushels ou 17,5 hectolitres à l'hectare). Pour les emporter en une seule fois, il faudrait un train ayant trois kilomètres de longueur.

Mais la culture de ces vastes terrains n'est avantageuse que si l'on emploie des machines à fort rendement et si le travail se fait sur une grande échelle. Une même machine faisant, dans une grande ferme, avec quatre ou cinq hommes, chef et servants, ses 150 hectares pendant la moisson, rapportera un bénéfice notable au gros tenancier, tandis qu'elle ne permettra que de joindre difficilement les deux bouts au petit fermier qui ne dispose que de vingt hectares d'emblavures.

En général, les frais de culture proprement dite, y compris l'ensemencement et l'usure des machines, ne dépassent guère 4 dollars à l'acre (40 ares). Il convient d'y ajouter les primes d'assurance, les frais de réparation des bâtiments, la nourriture et l'entretien des animaux, les impôts fonciers (½ dollar environ l'hectare). Soit, en tout, un peu plus de 6 dollars de frais de culture par acre emblavé, ou 32 cents par bushel (4 fr. 50 environ par hectolitre de blé récolté) en comptant théoriquement un rendement moyen de 19 bushels à l'acre (un peu moins de 17 hectolitres à l'hectare).

En ce qui concerne les prix de vente, ils sont assez variables, et ils dépendent de la récolte mondiale, c'est-à-dire des besoins plus ou moins grands des divers pays. Ils peuvent donner des bénéfices considérables, comme ils peuvent aussi n'en pas donner et même laisser une perte, surtout si le fermier



MACHINE A BATTRE « NOUVEAU SIÈCLE », ACTIONNÉE PAR UN MOTEUR A PÉTROLE

Le long tube dressé obliquement sert à chasser, par le ventilateur, la paille qui forme automatiquement une meule plus ou moins longue, suivant le déplacement de la batteuse.

attend trop longtemps pour vendre, dans l'espoir d'une hausse. Car il faut prendre en considération l'intérêt des capitaux engagés, et, dans ces pays, l'intérêt de 8 % n'a rien d'anormal. S'il attend un an pour vendre sans que la plus-value espérée arrive, c'est donc 8 % que l'exploitant perdra.

C'est en Amérique du Sud, dans la République Argentine, que les fermiers du Nord ont rencontré la plus redoutable concurrence. Il n'y a pas bien longtemps que ce pays s'est révélé comme un des principaux producteurs de blé, et les progrès y furent lents d'abord, en raison de l'insuffisance des ouvriers. Mais, quand un service d'immigration intelligemment dirigé en eut amené un nombre suffisant pour le travail de la terre, les progrès y marchèrent à pas de géant.

On en jugera par les lignes suivantes :

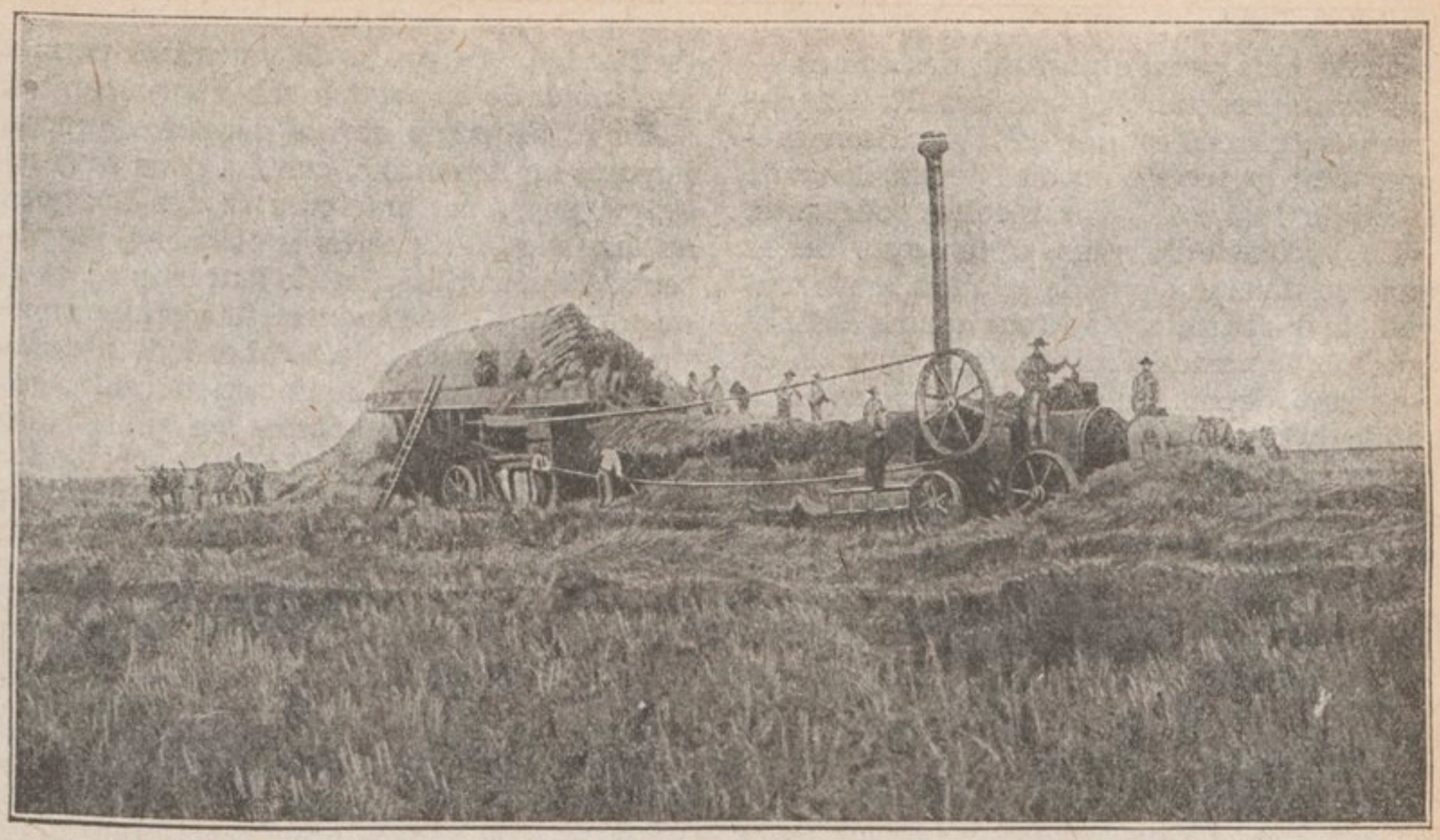
Ce n'est qu'en 1880 que l'on commença à produire suffisamment de blé pour les besoins de la population, qui n'atteignait pas alors 2.500.000 habitants. Trente ans après, en 1910, les semailles de cette céréale embrassaient une superficie de 5.900.000 hectares et la production de l'année était de 3.560.000 tonnes. L'Argentine occupa alors la sixième place dans la production du blé du monde, après les Etats-Unis, la Russie, la France, l'Inde, l'Autriche-Hongrie, et elle passa au second rang dans la comparaison avec les nations du continent américain. Pour l'exportation, elle conquit la place prééminente avec 2.980.000 tonnes de blé et de farine, se plaçant avant les Etats-Unis et la Russie, qui la suivaient de près, avec 2.952.000 et 2.625.000 tonnes respectivement. Ces trois Etats fournirent 65 % de la provision mondiale. Les autres pays, Canada, Australie, Inde, Etats des Balkans, plus spécialement la Roumanie, donnèrent les 35 % restants.

Cette production, depuis cette époque, n'a pas cessé de croître, et il est au moins vraisemblable qu'elle ira sans cesse en augmentant, car l'Argentine, que l'on appelle le grenier du monde, avec ses 250.000.000 d'hectares, en possède 50.000.000 aptes au développement de l'agriculture, dont une vingtaine de millions seulement sont soigneusement cultivés à l'heure actuelle.

Au point de vue de la production du blé, l'Argentine possède sur le Canada, dont on a vanté avec raison les progrès rapides, au sujet desquels nous dirons plus loin quelques mots, certains avantages. Dans ce dernier pays, en effet, le centre principal de production est à 1.500 ou 2.000 milles du port d'embarquement, tandis qu'en Argentine, on rencontre les céréales aussitôt que l'on descend du vapeur, soit à Bahia-Blanca, à Buenos-Ayres, à Rosario, à Santa-Fé, etc. Pendant sept mois de l'année, la région agricole du Canada est gelée, et il est impossible d'y employer la charrue. Si le colon perd

CHARIOTS TRANSPORTANT UN CHARGEMENT DE 21.600 KILOS DE FARINE

Ce chargement représente la production moyenne, et dans une année moyenne, de 25 hectares de terre américaine et pour un taux de blutage de 75-76 %. Il fournira 28 à 30.000 kilos de pain, suivant le degré de cuisson, soit, pour ce dernier chiffre, la ration actuelle de 300 grammes pour 100.000 personnes.



LA RÉCOLTE ET LE BATTAGE DU BLÉ DANS LA RÉPUBLIQUE ARGENTINE

sa récolte de blé, il n'a rien pour la remplacer, car c'est un pays d'une seule récolte. En Argentine, on peut labourer toute l'année ; si le blé ne donne pas de résultat, on recommence à labourer et on sème du maïs.

Comme aux Etats-Unis, beaucoup de propriétaires de fermes ou « estancias » les laissent sous la direction d'un intendant, n'y résidant qu'à de certaines périodes de l'année, mais un certain nombre préfèrent s'occuper eux-mêmes de l'exploitation, laquelle, s'il s'agit d'un grand domaine, consiste à le subdiviser. S'il est, par exemple, de dix lieues carrées, cinq seront réservées pour l'élevage, et le reste consacré à l'agriculture. La méthode ordinaire consiste à en sous-

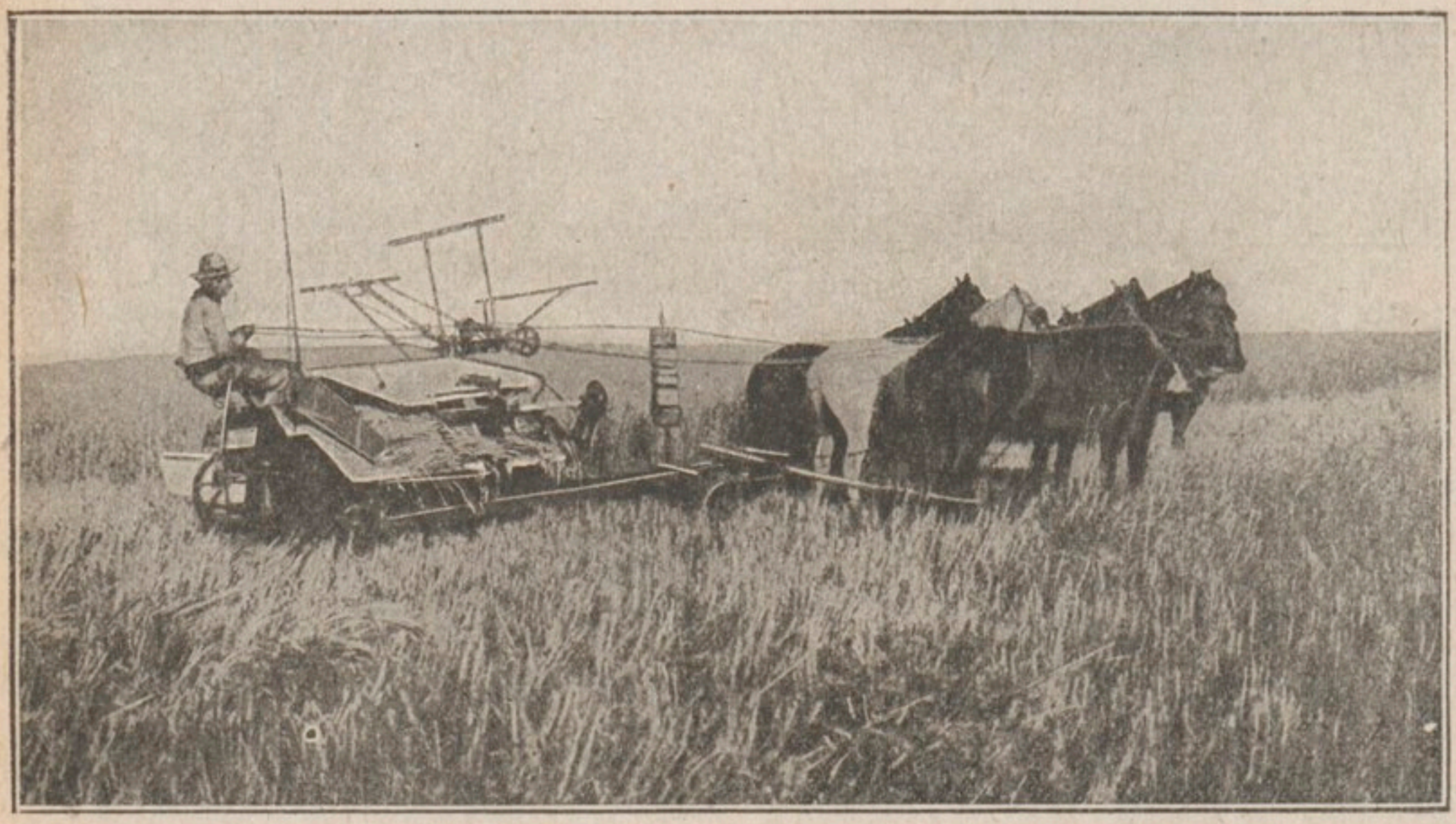
LA MACHINE A BATTRE EST TOUJOURS SERVIE PAR UN PERSONNEL TRÈS NOMBREUX

louer la plus grande partie à des colons — qui sont presque toujours des Italiens — lesquels agissent comme métayers. Ils verseront aux propriétaires des terres, comme loyer, de 10 à 25 % des récoltes obtenues.

Le spectacle le plus pittoresque de la moisson dans une grande estancia est le travail de la batteuse, surtout quand celle-ci possède de vastes dimensions, comme on en construit depuis quelques années, avec sa rafale artificielle qui envoie en tourbillon tonne sur tonne de paille pour former une meule à un point donné. C'est à cette époque que les nécessités du travail exigent l'embauchage du plus grand nombre d'ouvriers supplémentaires, car il faut faire vite. Aussi l'animation est-elle extraordinaire.

Dans les petites exploitations, où l'estanciero ne possède pas de batteuse, le battage est fait par une de ces machines louées qui parcourent le pays à cette époque de l'année. Son propriétaire reçoit généralement, comme rétribution, un sac de blé sur trois en retour, ce qui est un paiement assez coquet, qu'on serait tenté de croire exagéré, mais il faut tenir compte de la difficulté qu'il y a de remorquer une aussi lourde machine dans un pays sans routes (sauf autour des grandes villes), et des frais considérables inhérents à l'entreprise, des réparations fréquentes et des salaires élevés qu'il faut payer aux ouvriers, car le travail est particulièrement pénible à cette époque, qui est la plus chaude de l'année. Ce mode de paiement permet au fermier de ne point toucher à son capital.

On a, au cours de ces dernières années, importé en Argentine, comme dans tous les autres pays, des tracteurs et des fourgons automobiles. Mais certains obstacles s'opposent à la généralisation de leur emploi, et si on parvient à les surmonter, ils y obtiendront un succès considérable. D'abord, il n'existe pas de routes dans le Campo, mais seulement des chemins très raboteux, ou plutôt des pistes tracées seulement par de profondes ornières et il n'y a guère de possibilité d'en créer de convenables, car on peut creuser le sol à une profondeur quelconque sans y trouver ni une pierre, ni même un caillou. Il faudrait, pour leur empierrage et leur entretien, faire venir des matériaux de l'étranger, et Dieu sait ce que cela coûterait ! Les ornières restent jusqu'à ce qu'une légère déviation de la circulation les efface pour en faire de nouvelles à côté. Il s'ensuit qu'en l'absence de toute surface autre que la terre friable, la poussière qui les recouvre est envahissante, dans ce pays de grands vents ; elle s'introduit partout, et le mécanisme délicat des moteurs a fortement à en souffrir. Il faudrait trouver un modèle d'automobile qui puisse convenablement résister à ces nuages de poussières qui s'élèvent partout. Il devrait, de plus, être léger, et son moteur n'aurait pas besoin d'être puissant, car, en ce pays plat, il y a absence presque totale de rampe accentuée.



MOISSONNEUSE ACTIONNÉE PAR UN ATTELAGE A QUATRE (RÉPUBLIQUE ARGENTINE)

Voici, à titre documentaire, le calcul approximatif des frais pour cent hectares ensemencés en blé, en Argentine :

	FRANCS
Préparation du terrain : 2 labours	—
et 1 ratissage à 7 fr. 04 l'hectare..	704
Ensemencement : répartition des	
graines et ratissage, à 0 fr. 88 l'h.	88
Graines : 6.500 kg. à 22 fr. les 100 kg	1.430
Récolte : fauchage et mise en meu-	
les à 13 fr. 20 l'hectare.....	1.320
Battage : 120.000 kg. de grains à	
2 fr. 20 les 100 kilos.....	2.640

LABOURAGE PAR BŒUFS, A SAN ISIDORO, DANS LES ENVIRONS DE BUENOS-AYRES

Sacs : 1.500 à 0 fr. 44 pièce.....	660
Transports à 1 fr. 10 les 100 kilos...	1.320
Loyer : 100 hectares à 26 fr. 40 en-	
viron	2.640
Frais généraux, réparations, outil-	
lage, amortissement, administra-	
tion, machines, etc.....	1.320
Soit un total, pour les dépenses. de	12.122

La vente de 120.000 kilos de blé à 15 fr. 40 les 100 kilos produira 18.480 francs, laissant un bénéfice de 6.358 francs. Mais ce prix est minimum. Même avant la guerre, il atteignait et dépassait souvent 20 et 22 francs.

Il faut remarquer que les chiffres ci-dessus se rapportent à une vaste propriété de 50.000 hectares, que, dans son ensemble, le champ est élevé (situation favorable), qu'il n'a jamais subi d'invasion de sauterelles, que la couche d'humus est épaisse et que la propriété possède, sur son étendue, deux stations de chemin de fer, plus une troisième située à quatre kilomètres, ce qui facilite grandement le chargement des récoltes.

Cette situation ne dépeint pas exactement celle du fermier ordinaire, car la terre destinée à l'agriculture se loue pour quatre ans, et quatre années peuvent donner jusqu'à six récoltes, dont trois de blé et trois de maïs, ce qui diminue d'autant la moyenne des frais et augmente proportionnellement les bénéfices. De plus, l'engraissage des porcs, l'élevage des volailles, etc., contribueront encore à cette augmentation des profits.

La prospérité de la République Argentine fut, à une certaine époque, si magnifique et si rapide, qu'elle causa une surprise même aux exploitants, et on peut dire qu'elle dépassa les espérances des plus optimistes. Les estancieros et les directeurs de chemins de fer, ceux-ci aussi intéressés que les premiers dans l'abondance et la richesse des récoltes, ne se faisaient pas une idée de ce qui devint alors une réalité, et, malgré tous leurs efforts pour se mettre au niveau de la produc-

tion du sol, ils n'y pouvaient pas parvenir. Les récoltes augmentaient sans cesse, et il fallait toujours plus de bras et plus de machines agricoles pour labourer, ensemencer, moissonner ; toujours plus de wagons et de locomotives pour les transports. Ce dernier service fut mis à la plus rude épreuve par la surabondance des moissons, quoique le réseau des voies ferrées soit très développé dans le pays. (Il y en a plus de 32.000 kilomètres, dont la majeure partie dans la région des blés, plus une dizaine de mille en construction ou en achèvement). Les trains circulaient jour et nuit, chaque wagon et chaque machine disponibles étaient réquisitionnés et roulaient sans relâche. Malgré cela, les montagnes de sacs attendant leur expédition s'entassaient de plus en plus chaque jour, en dépit des trains entiers de voitures remplies à déborder et des efforts opiniâtres faits pour venir à bout d'un travail inattendu dont on ne pouvait voir la fin.

Le prix de revient, relativement bas, du blé argentin est dû à une grande richesse du sol, qui n'a pas besoin d'engrais pour produire, au moins jusqu'à ce jour (car il lui en faudra nécessairement, comme à tous les autres sols, dans un avenir plus ou moins éloigné, quand des récoltes suivies auront fini par l'épuiser) ; à la main-d'œuvre moins coûteuse, aux moindres charges grevant le budget du cultivateur, et, comme on l'a dit plus haut, aux courts trajets sur rails.

Même pendant les années de mauvaise récolte, le bénéfice est encore notable. Car il y a des mauvaises récoltes. Elles sont causées par les sécheresses prolongées et les invasions de sauterelles, qui, comme pour notre Algérie, sont l'un des fléaux du pays.

Les frets pour l'Europe sont plus élevés, il est vrai, que ceux des blés du Nord-Américain, en raison de la distance plus grande à parcourir malgré cela, et à beaucoup près, le grain arrivant de Rosario ou de Buenos-Ayres revient à bien meilleur compte, à quai de Marseille ou de Bordeaux, que celui débarqué au Havre ou à Liverpool, en provenance de New-York ou de Montréal.

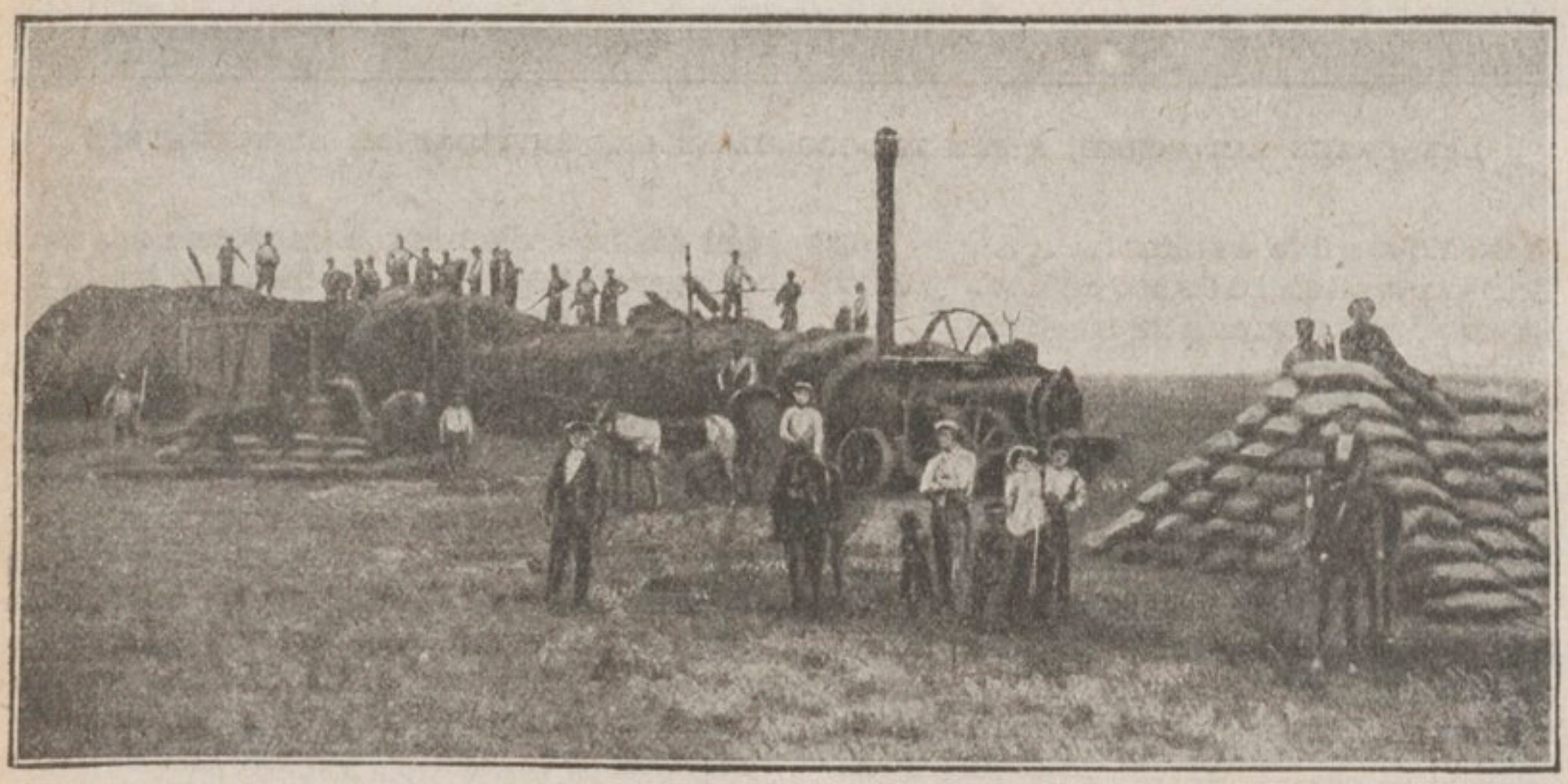
C'est cela qui donne — et avec juste raison — de l'inquiétude au cousin Jonathan.

Et il lui en vient aussi d'un autre côté — précisément du côté opposé, c'est-à-dire du Nord, et cette inquiétude est tout aussi justifiée.

Si nous retournons, en effet, dans l'Amérique septentrionale, nous y trouverons l'autre concurrent redoutable des *farmers* du Dakota et du Minnesota : le Canada.

Ce pays, que l'on a cru longtemps, surtout dans sa partie ouest, presque inhabitable et improductif, en raison de la longueur et de la rigueur de ses hivers, est un nouveau venu non négligeable dans la production du blé.

Une compagnie anglaise possédait dans les solitudes de l'Ouest d'immenses territoires de chasse dont elle ne savait que faire. Son président, invité à diverses reprises par les actionnaires à s'en défaire, s'y était toujours refusé, n'en trouvant pas un prix suffisant ou escomptant une plus-value, quand, par hasard, il y a quelque vingt ans, on découvrit qu'ils étaient formés d'une terre noire et profonde éminemment propre à la culture des céréales. Le bruit s'en répandit rapidement et les colons affluèrent. Il y eut une



MISE EN MEULES DE LA PAILLE ET MISE EN SACS DU BLÉ BATTU SUR UN CHAMP ARGENTIN

LA MOISSON EN ARGENTINE : LES JAVELLES SONT CHARGÉES SUR LES CHARIOTS

ruée comme on en vit à diverses reprises aux Etats-Unis au moment des découvertes de nouveaux eldorados. En peu de temps, et comme par un coup de baguette magique, tout un désert fut transformé en vastes et magnifiques domaines, en champs cultivés qui ne tardèrent pas à se couvrir des plus riches récoltes qu'un homme pût rêver.

Aujourd'hui, le Canada produit plus de cent millions d'hectolitres de céréales, et il a pu, pour sa dernière récolte, contribuer au ravitaillement des Alliés pour près de 3 millions de tonnes. Il compte même mieux faire.

Winnipeg, cette jeune cité du Far-West canadien, dont le nom était encore inconnu il y a moins de vingt ans, tient, depuis dix ans, le premier rang dans le commerce du blé au Nouveau-Monde, position que détenait auparavant Minneapolis, qui l'avait conquise aux dépens des autres villes des Etats-Unis.

Elle reçut, en effet, pendant l'année commençant le 1er septembre 1909 et se terminant le 31 août 1910, des contrées avoisinantes, 95 millions de *bushels* ou boisseaux de blé (un bushel équivaut à peu près à 36 litres), ce qui en a fait le plus grand entrepôt du monde. Sa rivale, Minneapolis, la suivait de loin avec 81.100.000 boisseaux. Les blés entreposés dans les autres villes des Etats-Unis furent alors de 61 millions de boisseaux à Buffalo, 56 millions à Duluth, 30 millions à Chicago, 25 millions à Kansas-City, 23.330.000 à New-York. Les chiffres pour Winnipeg indiquaient une augmentation de 50 % sur la saison précédente, et, depuis, elle n'a pas cessé de croître, quoique beaucoup moins rapidement. Elle est devenue proprement la ville du blé. On y a construit d'immenses élévateurs et de vastes magasins, comme on en trouve aux Etats-Unis. où le grain manipulé mécaniquement est conservé jusqu'à ce qu'il soit dirigé, par les Grands-Lacs, sur New-York ou Montréal.

Mais la récolte actuelle canadienne, pour importante qu'elle soit, n'est encore qu'une bien faible partie de ce que ce pays pourra fournir plus tard, car, sur une distance d'est en ouest de plus de 1.600 kilomètres, sous le parallèle du Winnipeg, du Manitoba, des districts méridionaux du Saskatchewan et de l'Alberta, il forme une zone d'immenses plaines, de plus de cent millions d'hectares de sol vierge, le double de la superficie de la France, susceptibles de porter d'aussi abondantes moissons que les fameuses terres noires du sud de la Russie ou que les terres à blé du Minnesota ou du Dakota, aux Etats-Unis. La puissance de production agricole que possédera cet Ouest-Canadien quand il sera mis convenablement en valeur par une population suffisante passe l'imagination, surtout si l'on songe à la fécondité que possèdent ces territoires en comparaison avec nos terres d'Europe. Elle est telle, qu'il a suffi de cinq millions d'hectares ensemencés en blé et en avoine (une bien petite surface, comparée à l'immensité des terres cultivables), soit le cinquième des emblavures en France

en temps normal, pour produire, pendant la seule année 1916, une quantité de céréales égale aux sept dixièmes de notre récolte normale, soit 60 millions d'hectolitres de froment et 75 millions d'hectolitres d'avoine.

On peut donc dire sans exagération que ce nouveau grenier à blé du monde exportera, dans un avenir plus ou moins rapproché, des centaines de millions d'hectolitres de blé et cet afflux en quantités énormes, à bien meilleur compte que par le passé, grâce à l'amélioration des voies de transport, apportera assurément de profondes modifications dans les conditions de notre existence.

Car c'est là le point faible de l'Ouest-Canadien qui, par sa situation au centre du continent, se trouve dans des conditions très désavantageuses pour l'exportation de ses produits : les ports d'embarquement sont éloignés ; pour y parvenir, les céréales doivent effectuer par rail un parcours de 1.500 à 2.000 kilomètres, ce qui augmente notablement le prix de revient. De plus, il n'existe que trois lignes ferrées pour effectuer ces transports, et, quand la moisson est abondante, elles y suffisent si peu qu'ils ne sont pas encore terminés quand le grain de la moisson suivante arrive, plus abondant encore.

Pour améliorer cette situation, on a entrepris la construction d'une voie ferrée vers la baie d'Hudson et qui servira de seconde porte de sortie aux blés de l'Ouest, vers le Nord-Est. Cette nouvelle route serait actuellement terminée si, en raison de la guerre, on n'avait été dans la nécessité d'en suspendre les travaux. Elle sera plus courte que l'ancienne, par les Grands-Lacs, mais elle ne sera praticable qu'en été, car le détroit d'Hudson, qui met en communication la baie avec l'Océan, n'est débarrassé des banquises et accessible

UNE BELLE RÉCOLTE. LE TRAVAIL EST TERMINÉ ; LE BLÉ, MIS EN SAC, EST PRÊT A ÊTRE TRANSPORTÉ DANS UN PORT OU IL SERA EMBARQUÉ POUR L'EUROPE

à la navigation que du milieu d'août à fin octobre. De plus, c'est là une navigation délicate et non exempte de dangers, en raison des icebergs, très souvent sous-marins, qui encombrent les côtes du Labrador.

Enfin, on a commencé l'amélioration des canaux existants reliant les Grands-Lacs à l'Océan, et on a projeté la création d'un grand canal maritime d'un mouillage de 7 m. 20 et d'une longueur de 708 kilomètres, entre le lac Huron et Montréal, lequel constituera un travail colossal, mais parfaitement réalisable, qui prolongera l'Atlantique jusqu'au centre du continent nord-américain.

Bref, l'Europe ne mourra pas de faim !

GEORGES CARAMAN.

QUELQUES TYPES CURIEUX D'OBUS IMAGINES PAR NOS ENNEMIS

Par Albert GANDOLPHE

Les Allemands, pendant leur longue préparation à la guerre, ont imaginé des engins de destruction tels qu'ils semblent avoir voulu étonner le monde : canons colossaux, projectiles réalisant le maximum d'effets meurtriers. En ce qui concerne ces derniers, ils nous sont révélés par les brevets d'invention qu'ils ont pris chez nous avant la déclaration des hostilités et par les publications spéciales actuelles de l'autre côté du Rhin. Quelques-uns sont réellement curieux par leur agencement comme par l'idée qui a présidé à leur confection.

Comme il s'agit de matériel ennemi, il n'y a assurément aucun inconvénient pour la défense nationale à en donner ici la description et les dessins.

C'est, dès 1909 — pour ne pas remonter plus haut — Carl Walter Gebauer, de Berlin, qui crée et fait breveter dans tous les pays — pour assurer à l'Allemagne le monopole de la fabrication — un obus qui contient, à côté des balles de shrapnell ordinaires, des petits projectiles ogivo-cylindriques, lesquels sont destinés à être projetés en arrière, à l'aide d'une fusée et d'un chargement spécial, au moment voulu, pour permettre d'atteindre un adversaire à couvert derrière une fortification. Ils sont inclinés à l'arrière, de façon à former un angle aigu avec l'axe du gros projectile. C'est à l'instant où celui-ci touche le sol que se fait leur lancement en arrière, ou bien on règle la détonation de la charge spéciale, à l'aide d'une fusée à temps, pour qu'elle se produise à une distance variant de 800 à 8.000 mètres du point de départ. Une graduation existe à cet effet sur la périphérie d'un disque porté par l'ogive.

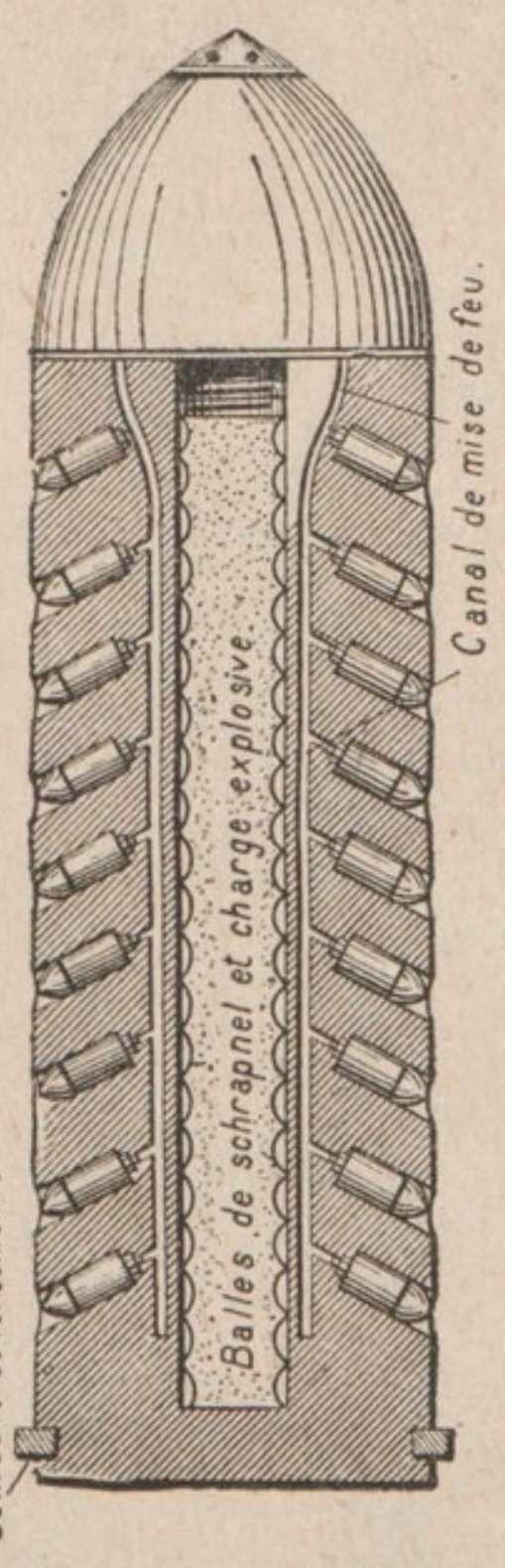


FIG. 1. — PROJECTILE LANÇANT DES PETITS OBUS VERS L'ARRIÈRE.

(Voir la figure de la page suivante).

La portée du gros obus lui-même est augmentée — par un effet de réaction bien connu — par suite de ce lancement en arrière des petits projectiles cylindro-ogivaux, et le règlement de son éclatement à temps, ainsi que la dispersion des balles de shrapnell qu'il renferme n'en sont nullement influencés.

De plus, on obtient encore cet avantage que l'enveloppe dudit shrapnell, lors de cet éclatement, se fragmente en un plus grand nombre de petits morceaux que dans le cas d'un projectile ordinaire (augmentant ainsi ses effets destructeurs) par suite des nombreux logements ou alvéoles pour ces petits obus accessoires dont l'enveloppe est forée (fig. 1 et 2), et qui forment autant de lignes de rupture.

Un autre Allemand, Heinrich Brust, a également fait breveter vers la même époque un projectile, dit « mère-gigogne », destiné à être tiré contre les batteries abritées sous un masque d'acier, contre lequel le shrapnell ordinaire n'a pas d'effet, et que les obus percutants ne détruisent que si le coup est au but, ce qui est rare. Le corps est divisé en deux parties superposées : l'inférieure, qui contient des balles de shrapnell, et la supérieure, où l'on a logé des tubes rayés intérieurement, qui sont de véritables petits canons, et contenant chacun un obus percutant, lesquels sont supportés par un disque mobile au-dessous duquel est placée la charge explosive destinée à leur lancement. Ce disque est réglable à volonté, et, de sa position par rapport au corps du projectile, dépend la plus ou moins grande rapidité de l'inflammation de la charge. L'ensemble de ce curieux engin de destruction présente

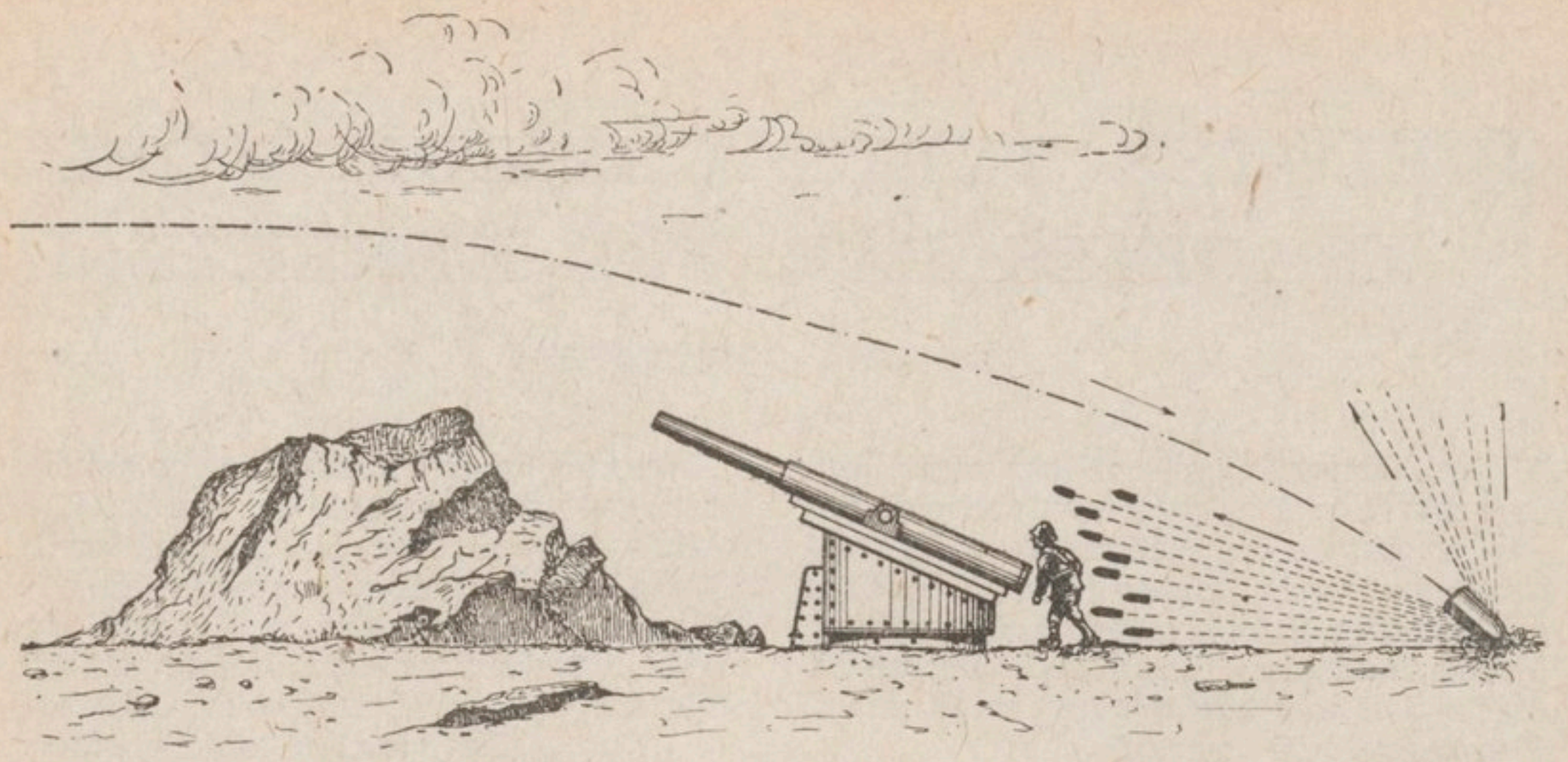


FIG. 2. — LES EFFETS DU PROJECTILE GEBAUER A L'ARRIÈRE D'UNE PIÈCE MASQUÉE

ainsi les avantages réunis d'un fusant et d'un obus percutant. (Fig. 3 ci-dessous.)

Quand ladite charge explose, après un temps convenablement réglé à l'avance par le moyen du disque réglable et qui correspond à une distance de 50 mètres avant l'arrivée au but, le bouchon-fusée, à pas très faible, que le projectile porte à son avant, s'échappe, libérant ainsi les petits obus. Les éclatements de ceux-ci sont provoqués à leur tour par une composition fusante qui s'est allumée et qui est réglée pour qu'ils aient lieu après deux dixièmes de seconde, c'est-à-dire, autant que possible, après la pénétration dans l'obstacle.

L'explosif qui les remplit doit être d'une force suffisante pour détruire les masques d'acier lorsque ceux-ci sont atteints. L'éclatement du shrapnell est retardé d'un dixième de seconde, de sorte que ses balles trouvent le chemin préparé par les percutants et peuvent ainsi atteindre facilement les servants de la pièce contre laquelle le diabolique projectile a été tiré.

Par suite de cette union intime du shrapnell fusant contre le personnel et de l'obus percutant pour détruire les obstacles résistants, la chance d'atteindre l'ennemi est augmentée autant de fois qu'il y a de petits obus percutants renfermés dans le gros projectile.

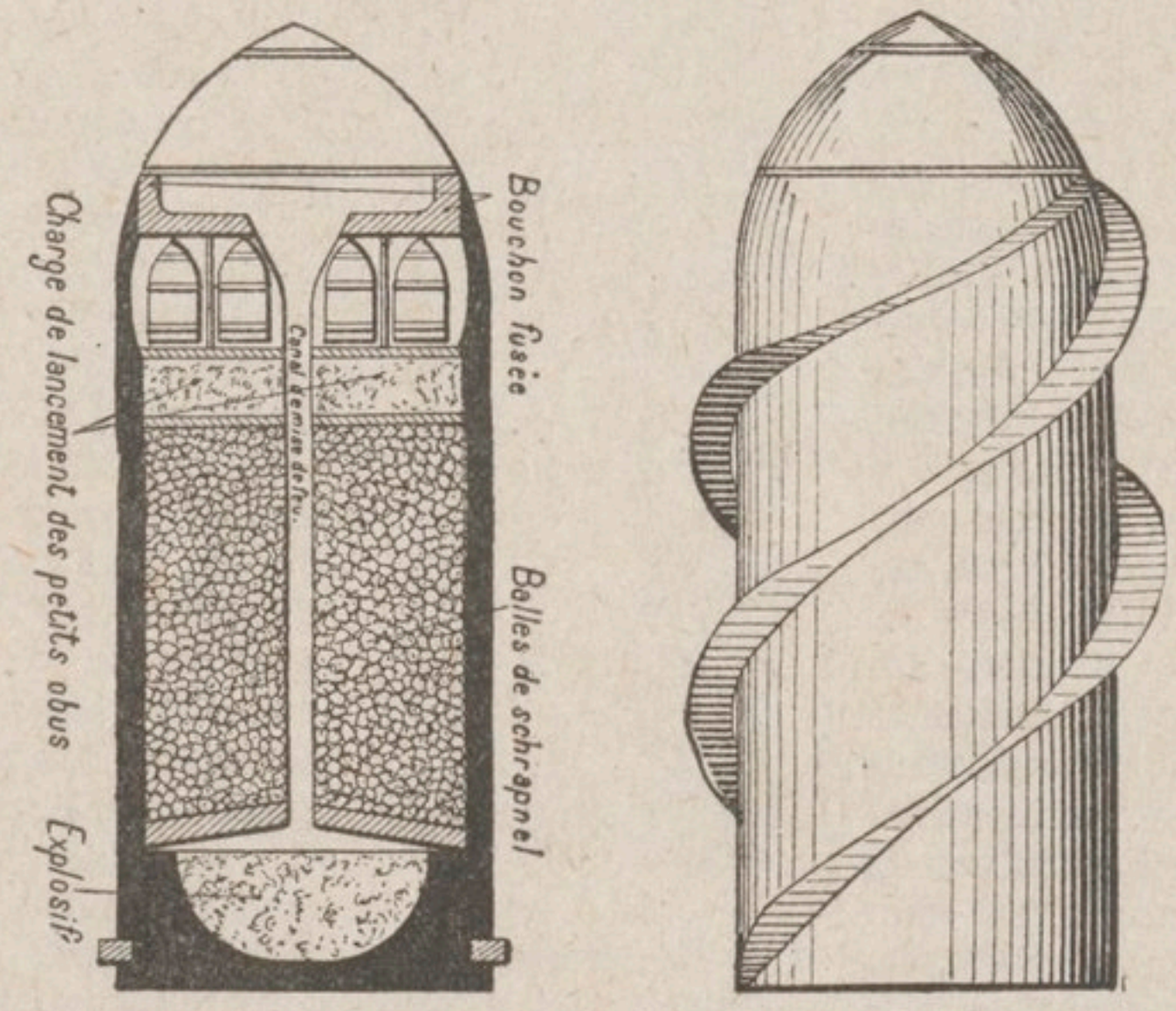


FIG. 3. — AUTRE PROJECTILE «MÈRE-GIGOGNE» POUR TIRER SUR DES BATTERIES MASQUÉES

(Coupe verticale et vue extérieure.)

Celui-ci peut être lancé soit par un canon rayé ordinaire, soit par une pièce à âme lisse. Dans ce dernier cas, une cloison hélicoïdale, disposée extérieurement sur son enveloppe, sert à lui donner un mouvement de rotation. Les espaces entre ces cloisons sont remplis de soufre, de colophane ou de toute autre matière semblable dans le but d'obtenir un guidage plus sûr dans le canon, et que la chaleur fait fondre au départ du coup. Cet engin sort de la Metallwarenfabrik in Histenberg Fridolin Keller.

La Société allemande Mannesmannröhren

Werke, fabrique également un projectile pour canon à âme lisse. Il est muni d'un passage central, suivant son axe, et il porte au culot, à l'extrémité de ce passage, une hélice fixe par rapport au corps de l'engin qui est, en somme, un cylindre ouvert aux deux bouts. Pendant son trajet, l'air agit sur cette petite hélice et imprime au projectile le mouvement de rotation convenable pour qu'il s'effectue normalement. (Fig. 4.)

Un faux fond, ou bouchon de culot, qui tombe quand l'obus sort de la pièce, est prévu pour empêcher l'échappement des gaz de la décharge par ledit passage central.

Ces gaz ou pressions produites dans la pièce ont peu d'effet nuisible sur l'âme par suite de l'absence de rayures — car ce sont surtout celles-ci qui s'usent vite dans les canons ordinaires — et sa durée en est par conséquent prolongée.

En outre, la pression d'air étant moindre contre l'ogive ou sommet d'un projectile de cette nature, sa trajectoire, au dire du constructeur, serait plus tendue et sa portée plus grande ainsi que sa puissance de pénétration et de destruction. Un explosif peut être logé très facilement dans l'épaisseur des parois.

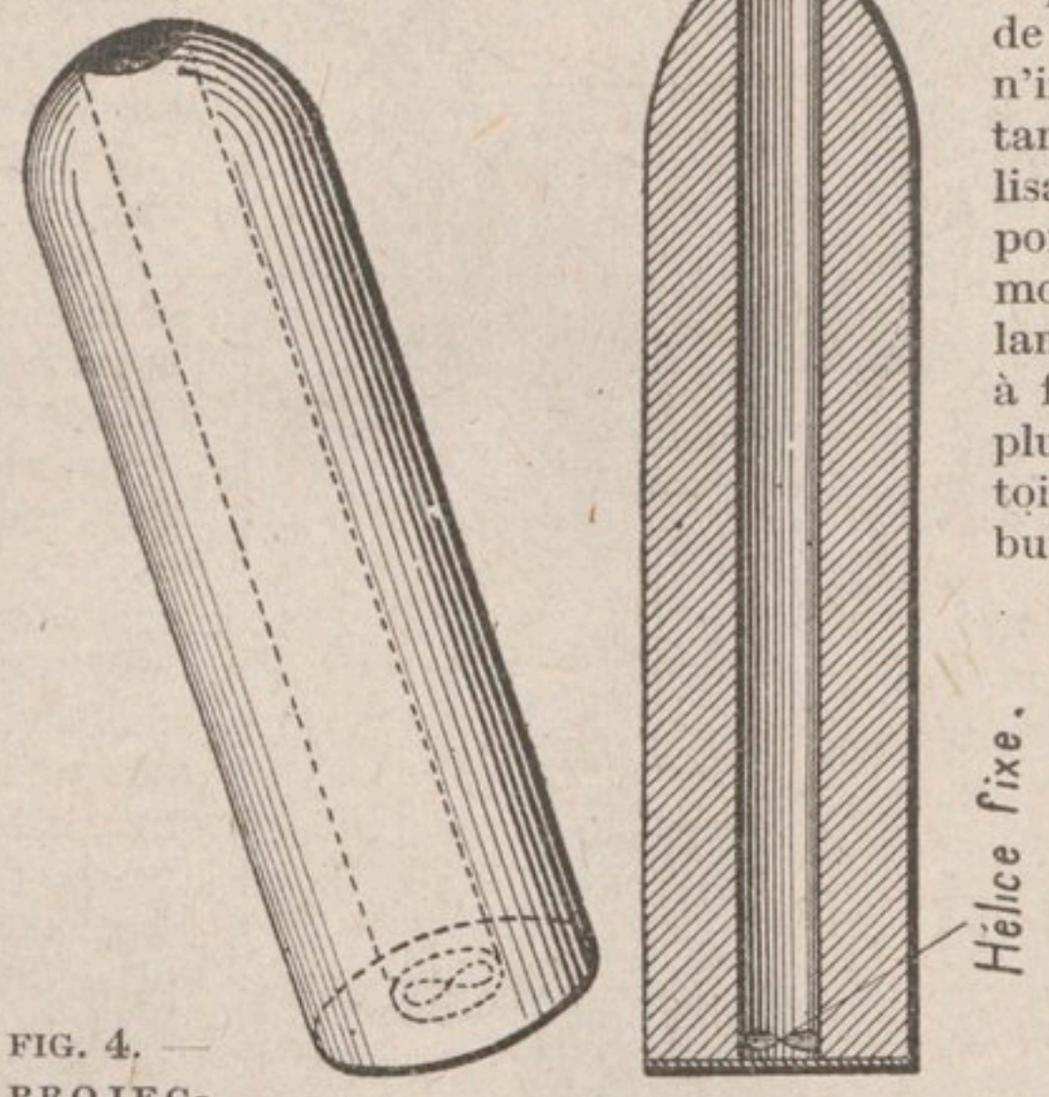


FIG. 4. — PROJECTILE POUR CANON A AME LISSE

Deutsches Offizierblatt, de Berlin, donne la description d'un projectile entraînant une bombe, lequel est fabriqué à Essen.

Les bombes ou grenades lancées soit à la main, soit par des moyens mécaniques, soit, même, par l'air comprimé, n'ont forcément, on le sait, qu'une bien faible portée, et, pour augmenter celle-ci, on a proposé depuis longtemps de les fixer à un projectile d'artillerie tiré par le canon. Mais on se heurte à un obstacle qui est la rotation dudit projectile, laquelle entraîne nécessairement celle de la bombe à laquelle il est fixé. Or, celle-ci étant d'un volume et d'un poids considérables par rapport audit projectile, et d'un diamètre beaucoup trop grand pour pouvoir être introduite dans le canon, cette rotation se fait mal, se ralentit vite et devient même bientôt à peu près nulle. Il s'ensuit que le trajet dans l'air s'effectue dans des conditions particulièrement mauvaises ; le projectile culbutant bientôt sur sa trajectoire et cessant de progresser avec sa pointe en avant, la portée est diminuée dans des proportions inacceptables et la précision devient tout à fait nulle.

Or, le système décrit par la revue allemande permettrait, d'après des expériences qui auraient été faites sur le polygone de Meppen, de lancer la bombe à n'importe quelle distance pratiquement réalisable et qui correspondrait à peu près à la moitié de la distance de lancement des bouches à feu. On pourrait, de plus, calculer la trajectoire et atteindre le but sans aucun aléa.

Ce résultat est obtenu grâce à un système spécial de jonction des deux engins permettant à l'un d'effectuer son mouvement de rotation sans que l'autre y participe. (Fig. 5).

La bombe comporte à son arrière un creux susceptible de recevoir l'extrémité d'un axe ou tige de connexion avec le projectile (laquelle tige a la même longueur que l'âme de la pièce, la bombe, de gros diamètre, comme on l'a dit plus haut, étant placée devant la bouche de celle-ci), ainsi que des paliers à billes. Cette extrémité est rétrécie et filetée pour recevoir un écrou, lequel la maintient bien en place entre les paliers (qui sont solidement fixés à la paroi du creux de la bombe), mais n'apporte aucun obstacle à son mouvement de rotation dans ces paliers. Ce mouvement lui est communiqué, au départ du coup, grâce aux rayures du canon et par suite des ceintures de forcement qu'elle porte, comme les projectiles ordinaires ; mais, par suite du mode d'assujettissement de son extrémité dans les paliers à billes dont il vient d'être parlé, elle tourne dans ceux-ci comme s'ils formaient un bloc fixe avec la bombe dont ils font partie. C'est l'inertie,

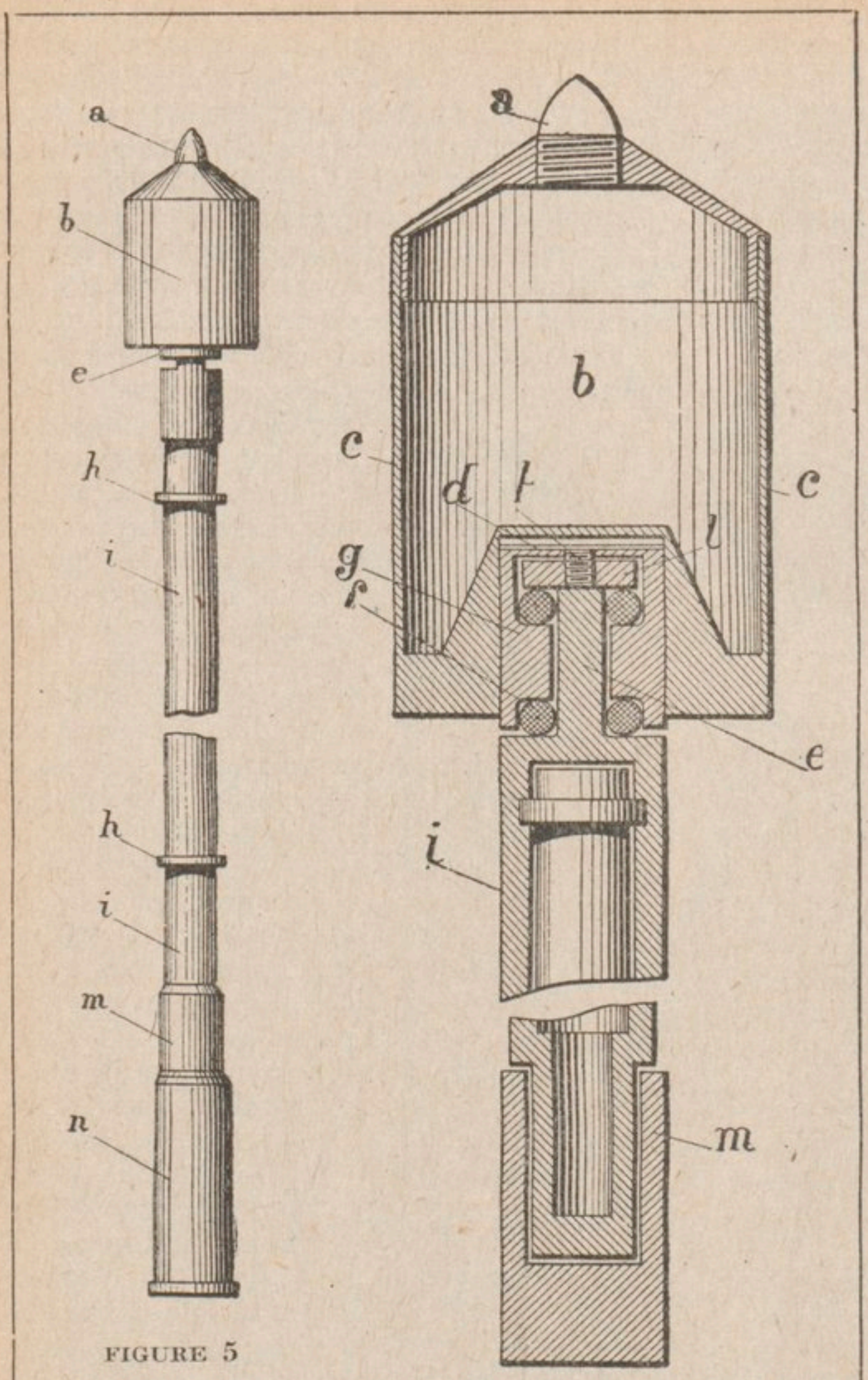


FIGURE 5

PROJECTILE SPÉCIAL ENTRAINANT UNE BOMBE
(Vue extérieure et coupe longitudinale.)

a, *pointe armée de l'ogive;* b, *chambre de la bombe contenant l'explosif;* c, *tige de connexion de la bombe et du projectile;* d, *plaque de caoutchouc destinée à amortir les chocs de la tige* c ; e, *partie rétrécie de la tige de fixation tournant dans les paliers à billes;* f, *billes;* g, *paliers;* h, *ceintures de forcement de la tige de connexion donnant, grâce aux rayures de l'âme de la pièce, le mouvement de rotation;* l, *écrou;* m, *partie arrière de la tige de connexion introduite dans la douille;* n, *douille contenant la charge de lancement et qui se place dans la chambre du canon;* p, *partie filetée de l'extrémité avant de la tige de lancement.*

en somme, qui empêche cette dernière de participer à ce mouvement de rotation, malgré qu'elle soit lancée en avant par le projectile et ladite tige de connexion, lors de la déflagration de la charge contenue dans la douille.

C'est ainsi que l'ensemble du projectile, de la tige de connexion et de la bombe peut être régi selon les lois de la balistique. De plus, grâce à cette rotation d'une partie de cet ensemble, la bombe frappe le but par la pointe qui chemine en avant, comme il convient, au lieu de tomber à plat, ainsi que cela arrive presque toujours dans le lancement à la main ou par des moyens mécaniques.

Les Autrichiens ont également construit des projectiles dont l'originalité ne le cède en rien aux précédents, comme cet obus à acétylène d'Heinrich Schreib, dont la revue *Danzer's Armee Zeitung*, de Vienne, donne la description et le dessin, et qui se construit dans les ateliers de la Société G. Roth Aktiengesellschaft. On sait que le gaz acétylène, surtout lorsqu'il est fortement comprimé, est un des plus puissants explosifs que l'on connaisse, produisant des effets brisants comparables à ceux de la poudre chloratée et rivalisant presque avec le picrate de potasse et le fulminate de mercure. Il peut donc remplacer dans les projectiles les charges d'explosifs ordinaires dont le transport et la manipulation sont d'autant plus dangereux et sujets à des éclatements accidentels, que ceux-ci sont plus puissants, mais à la condition qu'il ne soit produit qu'au moment même de l'emploi, c'est-à-dire à l'instant où le projectile est lancé, et c'est précisément ce qui se trouve réalisé dans l'engin autrichien. La charge ne présente pas alors le moindre danger préalable, étant composée de carbure de calcium (qui, on le sait, produit de l'acétylène au contact de l'eau) logé dans un dispositif spécial qui permet de ne faire agir l'élément liquide décomposant qu'après le lancement et sous

la poussée même des gaz provenant de la charge de lancement.

Le système se compose d'un tube traversant l'obus de part en part, suivant son axe, du culot à l'ogive ; la partie voisine de l'ogive est perforée sur une certaine longueur et traverse un récipient contenant de l'eau, laquelle, passant par les perforations, la remplit, et la partie qui aboutit au culot, où elle est fixée dans un logement, contient un piston, avec rainures et segments d'étanchéité, dont l'une des faces est au contact de l'eau qui remplit le tube et dont l'autre s'appuie contre un ressort à boudin disposé à la base dudit tube. (Figure 6.)

La paroi du récipient que traverse le tube est conique et est formée par une série d'élémentssegmentairesrapprochés et soudés suivant leurs bords radiaux, de manière à constituer entre eux des lignes de rupture convenablement réparties autour du tube et susceptibles de ne céder que sous une pression déterminée.

Entre le récipient et son extrémite logée dans le culot de l'obus, le tube axial est entouré par un panier annulaire aux parois à claire-voie contenant du carbure de calcium et dont l'un des bouts (au sommet, sur le dessin) a la forme d'un entonnoir, également à claire-voie, correspondant à la paroi du récipient d'eau qui lui fait face. De plus, un certain vide est laissé entre la paroi cylindrique interne de ce panier et celle correspondante externe du tube axial du projectile, ainsi qu'entre sa partie conique (ou en entonnoir) et celle du récipient.

Le logement de la base du tube axial est constitué par un écrou à chapeau vissé dans le culot et muni de perforations qui établissent une communication avec l'extérieur. Toute augmentation de pression à l'extérieur se fera donc sentir dans le tube et exercera son action sur le piston qu'il contient. C'est ce qui arrive au départ du coup. La pression des gaz de la poudre se produisant dans la chambre du canon et passant par les perforations de l'écrou agit sur la face arrière du piston pour lui faire refouler la quantité d'eau contenue dans le tube, laquelle, se rendant en excès et avec une violence suffisante dans le récipient, qui est déjà presque complètement rempli d'eau, provoque l'éclatement et l'épanouissement du cône. Toute l'eau du récipient, passant par les vides, est alors projetée dans la partie centrale du panier et baigne le carbure de calcium, qui se décompose spontanément. L'acétylène engendré se comprime très rapidement, atteint une très grande pression en quelques secondes, et il en résulte un échauffement du gaz tel que sa dissociation et sa déflagration se produisent, donnant naissance à une onde explosive instantanée d'une puissance brisante comparable, ainsi que nous l'avons dit plus haut, à celle de la plupart des explosifs actuellement en usage.

Les effets nuisibles que l'eau serait susceptible de produire à la suite d'un choc accidentel pendant le transport ou la manipulation sont annulés par le ressort à boudin placé dans le tube sous le piston, qui joue le rôle d'amortisseur en permettant, d'une façon plus que suffisante, la détente de l'eau sans altérer l'étanchéité du réservoir qui la contient.

Il paraît certain que quelques uns de ces projectiles curieux ont été construits, qu'ils ont même été expérimentés, mais on ne saurait affirmer qu'ils aient été employés pendant la guerre.

A. GANDOLPHE.

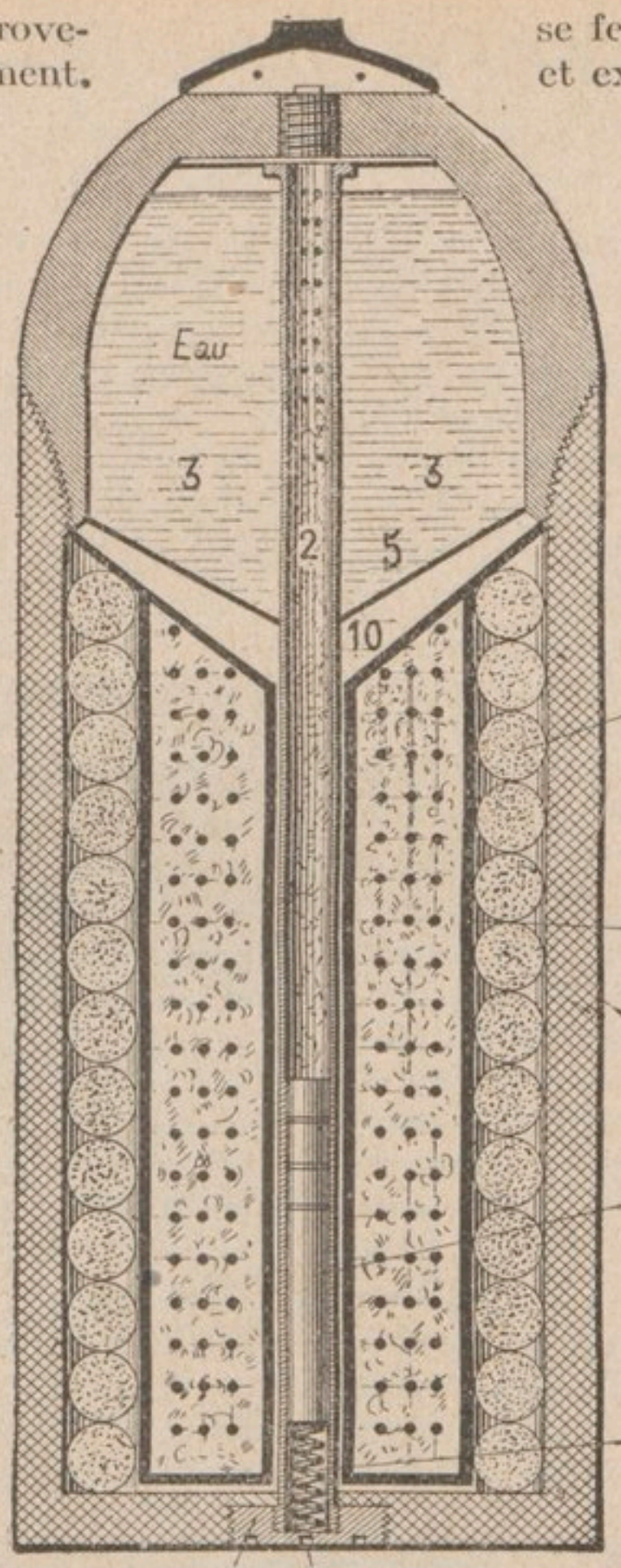


FIG. 6. PROJECTILE A ACÉTYLÈNE

1, *piston avec rainures et segments d'étanchéité*; 2, *tube axial perforé dans sa partie traversant le récipient*; 3, *récipient d'eau*; 4, *ressort de sûreté*; 5, *paroi conique du récipient susceptible d'éclater au moment voulu*; 6, *panier à claire-voie contenant du carbure de calcium*; 7, *écrou à chapeau du culot*; 8, *balle du shrapnell*; 9, *perforation dans l'écrou faisant communiquer le tube axial avec l'extérieur*; 10, *vide en forme d'entonnoir au-dessus du panier*.

MANÈGE D'ENTRAINEMENT POUR AVIATEURS

(Un dessin de cette machine a paru sur la couverture du numéro 37 de La Science et la Vie.*)*

L'INSTRUCTION des aviateurs coûte très cher. On a constaté qu'en moyenne chaque élève brise un ou deux appareils avant de connaître les premiers rudiments de son art et de savoir comment l'on vole. Les écoles d'aviation privées ont des tarifs très élevés afin de tenir compte de ces risques de casse. En tout cas, il y a là une cause de perte d'argent qu'il serait intéressant de supprimer. L'entraînement de cinq mille aviateurs peut, en effet, donner lieu à la destruction de six mille avions, coûtant environ 35.000 francs pièce, soit 210 millions.

D'ingénieux inventeurs américains se sont donné pour mission de réaliser une machine pouvant permettre aux aviateurs d'apprendre au moins les premiers éléments du vol. L'appareil représenté ci-dessous en plein fonctionnement ne s'élève pas en route libre sur le terrain d'entraînement et les élèves n'ont pas ainsi l'occasion de faire beaucoup de casse. Cependant, ils exécutent tous les mouvements correspondant à la conduite d'un avion par tous les temps, même par un vent violent avec des rafales dangereuses.

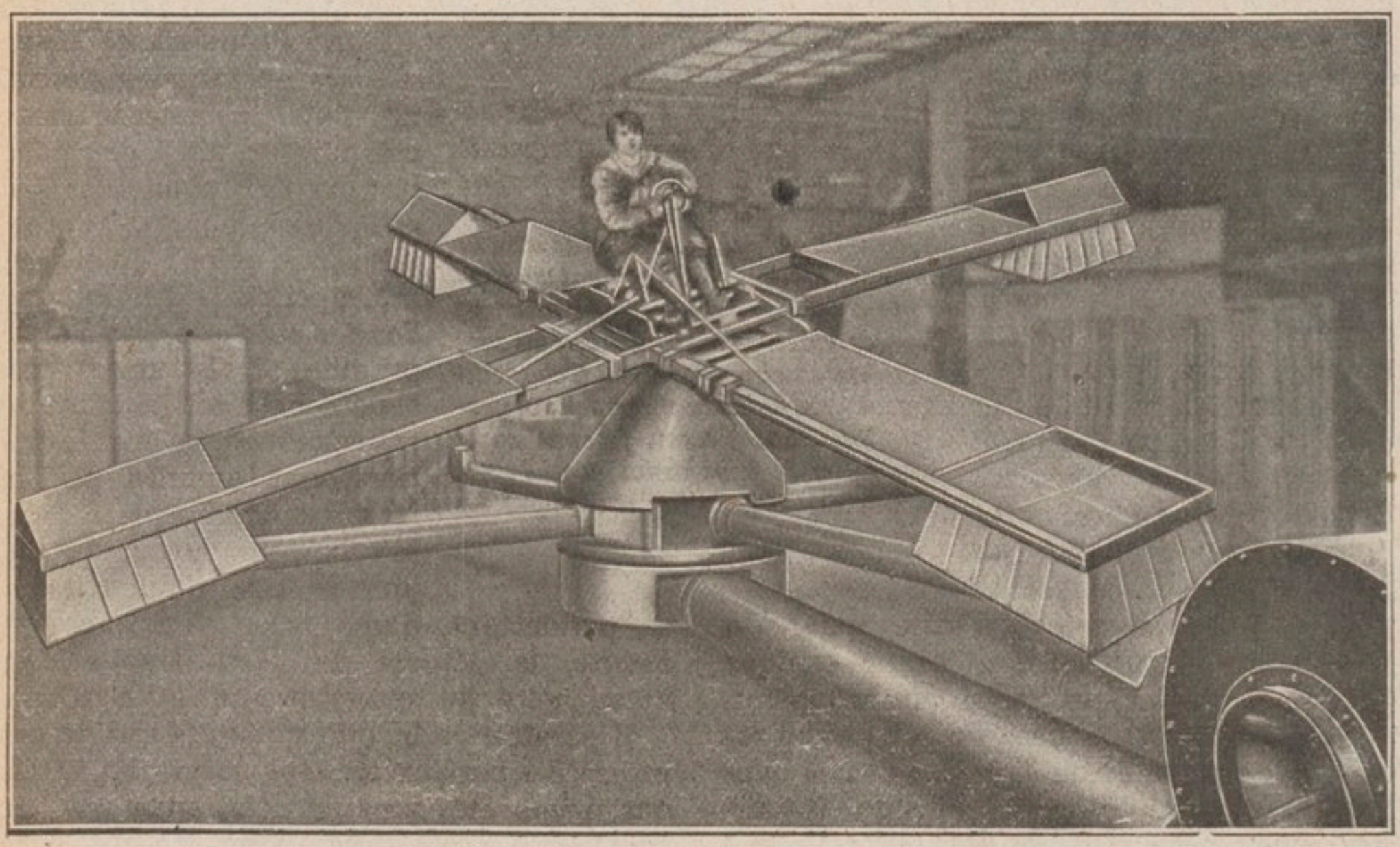
En principe, l'appareil d'instruction consiste en un ventilateur qui envoie un fort courant d'air à l'intérieur du support conique soutenant les fausses ailes. L'air est ainsi distribué en quatre points, de telle manière qu'il vienne frapper, suivant l'incidence voulue, sur les quatre ailes disposées en forme de croix. L'aviateur novice, assis au sommet de l'appareil, s'efforce de le maintenir en équilibre. Il lutte à cet effet contre l'influence du courant d'air issu du ventilateur, en se servant de volants et de leviers.

On sait qu'un ballon sphérique se tient en équilibre sur un jet d'eau ou d'air, en sautant constamment dans le sens vertical.

On imagine ainsi quelle peine un homme doit avoir à maintenir en équilibre un appareil qui n'est supporté en quatre points différents que par des jets d'air vacillants. Pour obtenir ce résultat, il doit ouvrir ou fermer, au moyen de commandes, des boîtes placées au-dessus des jets d'air et cela juste assez pour ne pas chavirer. Comme dans les avions, il existe un gouvernail vertical que l'on manœuvre au moyen d'une pédale.

L'élève pilote se penche tantôt d'un côté, tantôt de l'autre, afin de maintenir l'appareil sur le trajet des veines d'air.

Cette machine d'entraînement constitue un grand progrès si on la compare aux anciennes, dans lesquelles le candidat pilote, assis au sommet d'un pivot central, devait s'y tenir en équilibre au moyen de contrepoids à glissières.



LA MACHINE AMÉRICAINE POUR APPRENDRE AUX FUTURS PILOTES LES ÉLÉMENTS DU VOL

LES A-COTÉS DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

Par V. RUBOR

Pour que l'enfant ne soit pas secoué

Si maman est seule, il ne lui est pas facile d'éviter que bébé ne soit secoué dans sa voiture chaque fois qu'il faut descendre ou gravir des marches et même simplement traverser les rues et, dame ! la situation n'est pour le petit bonhomme ni agréable ni dénuée complètement de danger. Mais l'enfant ne sera plus cahoté si ses parents, dans leur sollicitude, se préoccupent de faire modifier le gracieux véhicule, comme il est indiqué sur la gravure que nous reproduisons ici et que nous devons à l'obligeance de notre confrère *The Scientific American*.

LA PETITE VOITURE MUNIE DE SES GUIDES

Cette gravure montre comment l'inventeur (gageons que ce n'est pas un célibataire) a résolu le problème de supprimer les cahots résultant, par exemple, de la descente d'un escalier. De chaque côté de la voiture, en deçà des roues, sont montés deux guides formant entre eux un angle obtus dont le sommet est coupé pour ne pas toucher terre. Ainsi la voiture repose sur son unique paire de roues, mais sans pouvoir basculer dangereusement en avant ou en arrière. Ces deux guides répondent donc à un double but : soutenir la voiture à partir du moment où les roues quittent une marche jusqu'à ce qu'elles reposent sur la marche suivante, et de permettre d'abandonner le véhicule en toute sécurité sur un trottoir ou un terre-plein quelconque qui ne présente pas une trop grande déclivité.

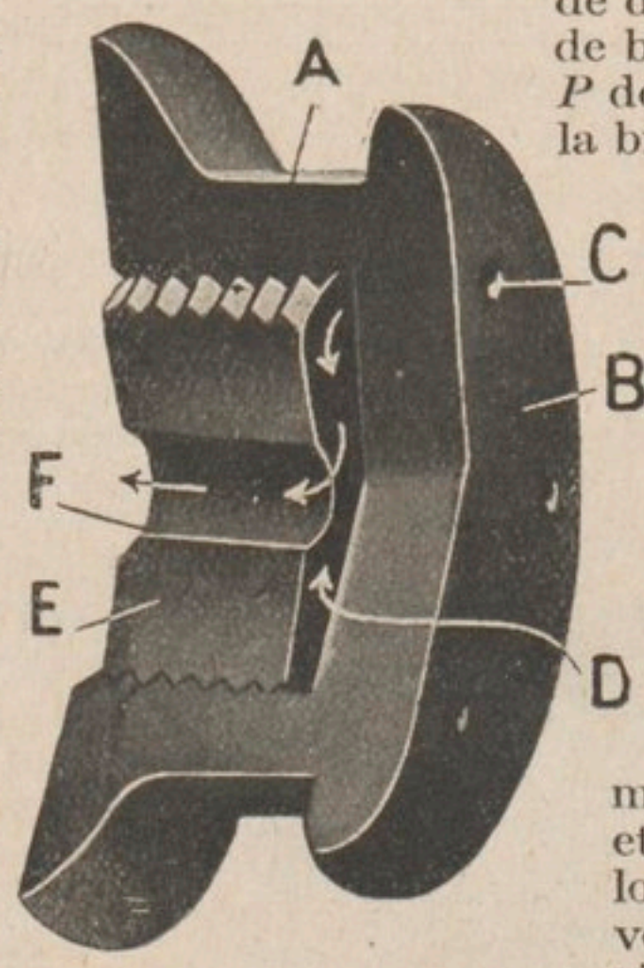
Il est important d'aérer ses pieds

La raison qui rend désirable de ménager dans les chapeaux d'hommes une ou plusieurs petites ouvertures pour la ventilation s'applique avec encore plus de force aux chaussures, tout au moins les chaussures montantes et particulièrement celles qui sont vernies. Que de douleurs et de maux de pieds, y compris ceux que l'on semble attribuer uniquement à l'étroitesse ou l'imperfection du soulier, seraient évités, en même temps que seraient atténués les transpirations trop intenses et leurs inconvénients, si les chaussures que nous portons n'étaient pas aussi étanches à l'air qu'elles le sont ! Ces remarques n'ont rien de neuf, mais ce sont elles qui ont conduit un ingénieux chercheur à concevoir un moyen d'aérer nos pieds qui laisse la chaussure étanche à l'eau tout en ne déparant pas son apparence extérieure ni ne compliquant sa fabrication.

C'est une soupape miniature qu'on insère sur le côté de la bottine par un trou percé d'un coup de poinçon. Elle se compose d'une sorte de bouton à gorge *A* dont le chapeau extérieur *B* est percé de plusieurs trous *C* débouchant, à l'intérieur du bouton, dans une cavité intérieure *D* qui est filetée pour recevoir un noyau *E* percé d'un canal central *F*. En examinant la coupe de la soupape, on voit que l'air pénètre dans la chaussure, si le noyau *E* n'est pas vissé à fond dans la

LA SOUPAPE MINIATURE POUR LA VENTILATION INTÉRIEURE DE LA CHAUSSURE

cavité *D*, en passant par les trous *C* et en empruntant le canal *F*. D'où il apparaît clairement : 1° que l'eau (dans le cas de pluie, bien entendu, et non d'immersion totale prolongée) ne saurait suivre le même chemin, et, par conséquent, pénétrer dans la chaussure ; 2° que la soupape peut être complètement fermée, ou, au contraire, plus ou moins ouverte, selon que le noyau *E* est lui-même plus ou moins vissé dans la cavité *D*. (Voir la fig. ci-contre.) On peut donc régler, suivant la température de l'air ambiant, l'aération du pied et même la supprimer complètement.



COUPE AGRANDIE DE LA SOUPAPE

(Voir dans le texte l'explication des lettres qui accompagnent la figure).

Un amortisseur à lames

Le problème de la suspension des voitures, et, notamment, des voitures automobiles, est loin d'avoir reçu encore la solution rêvée. Ces dernières surtout, du fait des grandes vitesses auxquelles elles se déplacent, reçoivent des secousses et des ébranlements d'autant plus grands que la force des chocs est multipliée par cette vitesse même, et qu'ils se répètent plus rapidement, si rapidement que, souvent, la flexion du ressort n'a pas encore atteint son amplitude qu'un nouveau choc se produit et vient détruire tout le bénéfice qu'on était en droit d'attendre de la suspension.

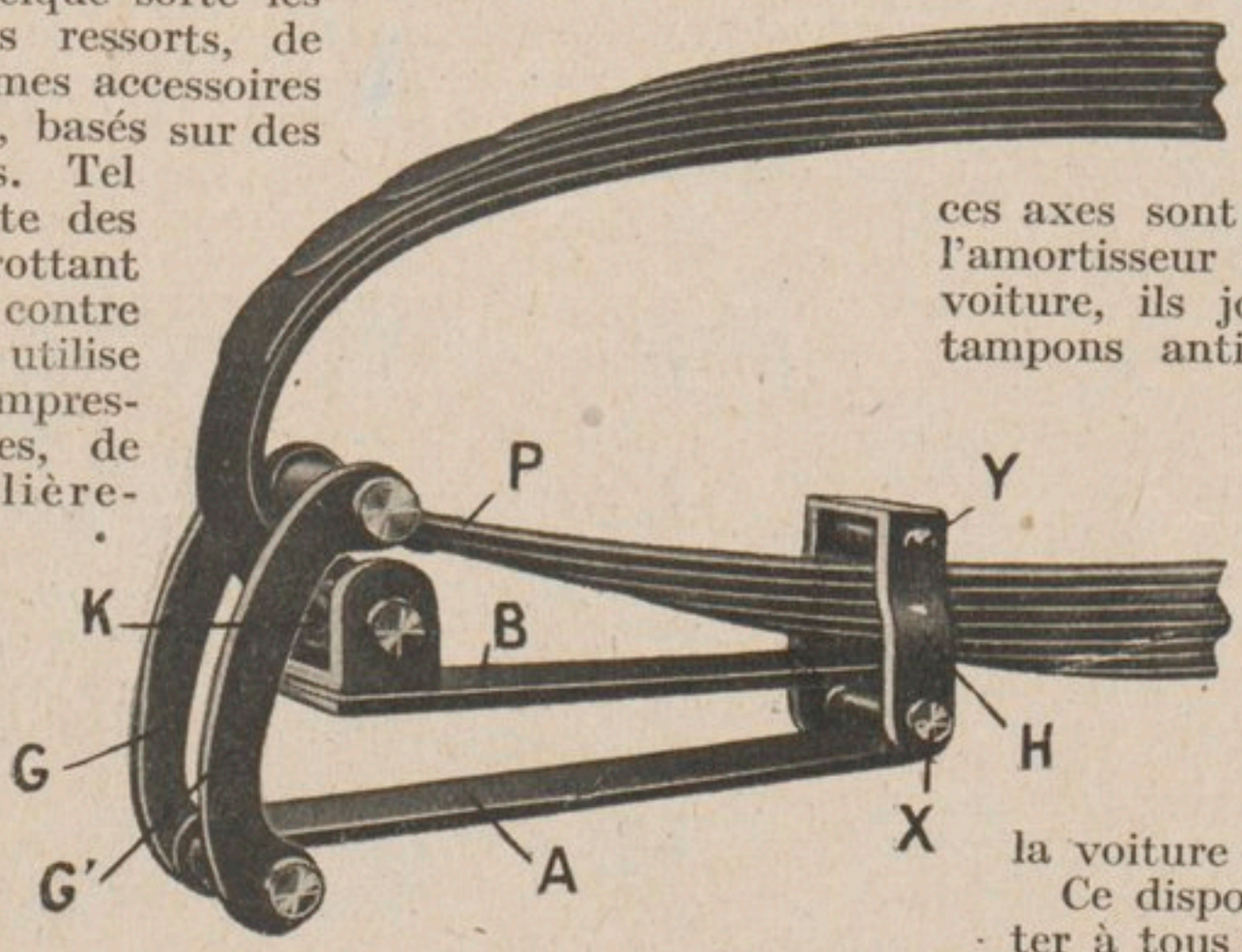
Pour corriger ces inconvénients, pour compléter en quelque sorte les insuffisances des ressorts, de nombreux systèmes accessoires ont été imaginés, basés sur des principes divers. Tel système comporte des plaques de cuir frottant à force l'une contre l'autre ; tel autre utilise les effets de compression des liquides, de l'huile particulièrement ; d'autres procèdent à l'aide de ressorts à boudin interposés entre les jumelles des ressorts.

Un des systèmes les plus simples est celui que son inventeur a baptisé du nom d'amortisseur G. P. à lames et qui ne comporte ni réglage, ni graissage, ni entretien d'aucune sorte, ce qui est le rêve.

Il est constitué par un ou plusieurs ressorts à lames en forme de V dont le nombre varie suivant le poids des voitures. La branche inférieure *A* de ce ressort est reliée, au moyen de deux jumelles rigides *G G'* et de boulons, au rouleau du ressort *P* de la voiture et l'extrémité de la branche supérieure *B* à la main fixée au châssis ou, si la voiture comporte un ressort en crosse, comme dans l'exemple ci-dessus, au rouleau *K* de ce ressort.

L'appareil est maintenu dans la position horizontale par un étrier *H* muni de deux axes *X*, *Y*. Cet étrier vient simplement reposer sur le ressort de la voiture, permettant ainsi à l'amortisseur de se déplacer librement dans le sens longitudinal et de ne contrarier en rien l'allongement des ressorts de la voiture, allongement dû principalement à l'aplatissement de ces ressorts dans les chocs

Ainsi interposé entre la carrosserie et la suspension, l'amortisseur, étant plus doux que le ressort de la voiture, fléchit seul sous l'action des chocs légers et ne laisse entrer le ressort de suspension en action que lorsque les deux branches du V sont suffisamment aplaties pour que leur tension soit égale à celle du ressort de la voiture, ce qui ne se produit que lorsque la roue reçoit des chocs relativement violents sur une route cahoteuse.



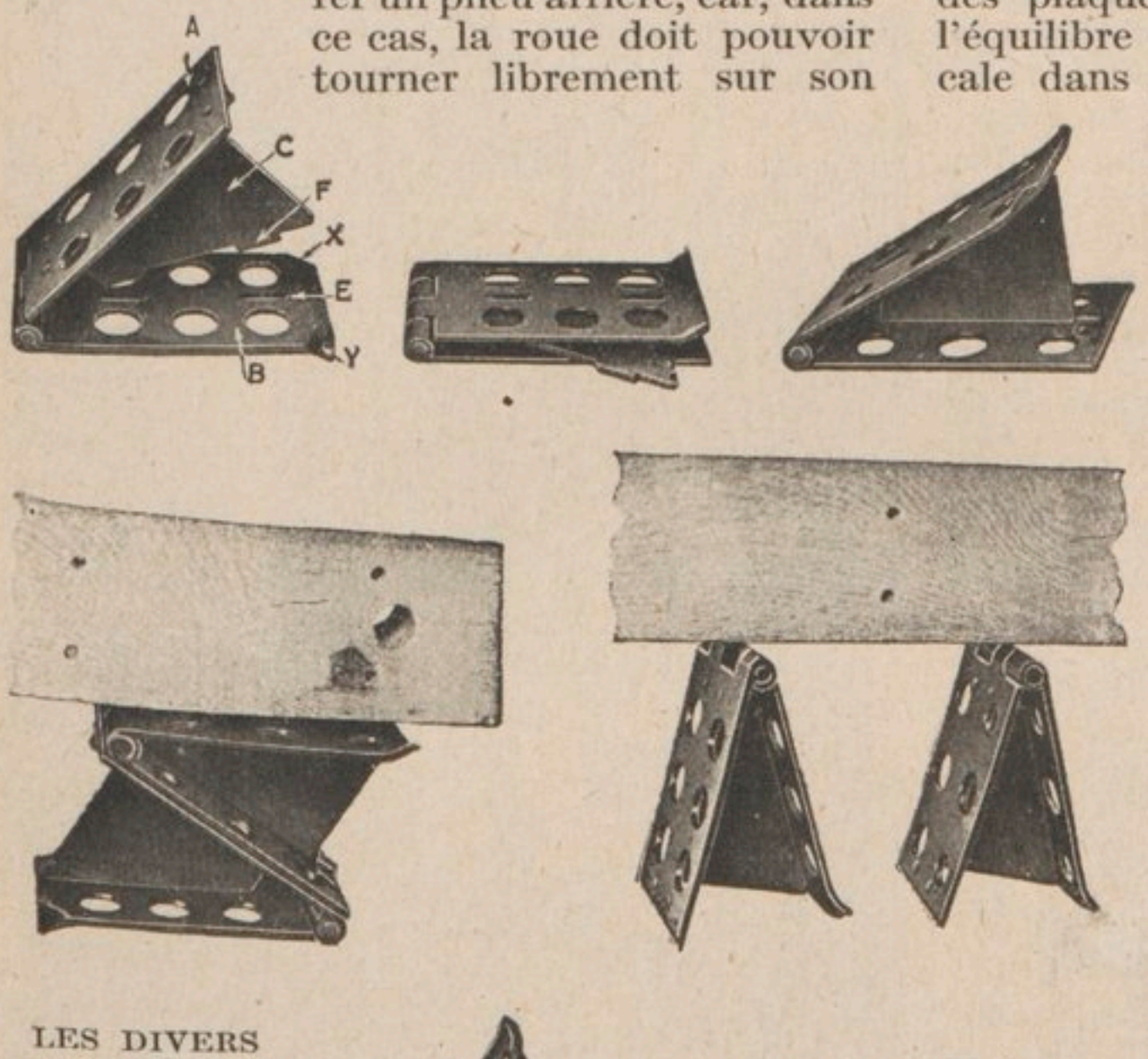
DISPOSITIF DE L'AMORTISSEUR G. P.

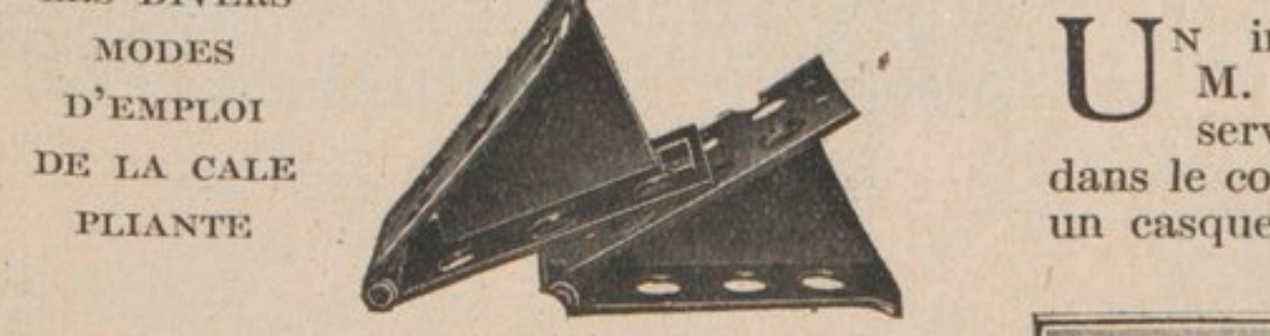
Les axes *X*, *Y* de l'étrier sont entourés d'un manchon élastique et comme ces axes sont interposés entre l'amortisseur et le ressort de la voiture, ils jouent le rôle de tampons antivibrateurs, véritables isolants qui absorbent les vibrations du ressort amortisseur tout comme l'amortisseur absorbe lui-même les vibrations des ressorts de la voiture dans sa marche.

Ce dispositif peut s'adapter à tous les véhicules automobiles, mais, comme nous l'avons dit plus haut, il convient surtout aux voitures de tourisme et aux autobus transportant des voyageurs en pays accidentés. De plus, une installation de ce genre n'est pas extrêmement coûteuse.

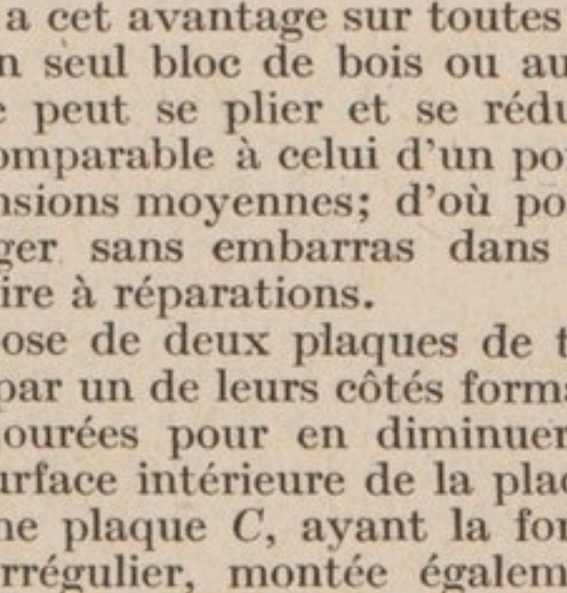
La cale *M* pliante.

C'est un petit accessoire, simple, léger, peu encombrant, que les automobilistes sont heureux de trouver dans le coffre à outils lorsque, sur la route, survient la malencontreuse crevaison de pneumatique. Il est urgent, à ce moment, d'immobiliser la voiture aussi longtemps qu'elle est en équilibre sur le cric. Les freins sont pour cela inutilisables, parce que peu sûrs d'abord et, surtout, quand il s'agit de réparer un pneu arrière, car, dans ce cas, la roue doit pouvoir tourner librement sur son axe. Or, — et cela semble comme fait exprès, — cet accident arrive presque toujours dans des endroits où la chaussée est en pente et où l'on ne peut naturellement trouver, à cent mètres à la ronde, le plus petit caillou susceptible de caler les roues de la voiture.





LES DIVERS MODES D'EMPLOI DE LA CALE PLIANTE



La cale « M » a cet avantage sur toutes les cales faites d'un seul bloc de bois ou autre matière, qu'elle peut se plier et se réduire à un volume comparable à celui d'un portefeuille de dimensions moyennes; d'où possibilité de la loger sans embarras dans un coin du nécessaire à réparations.

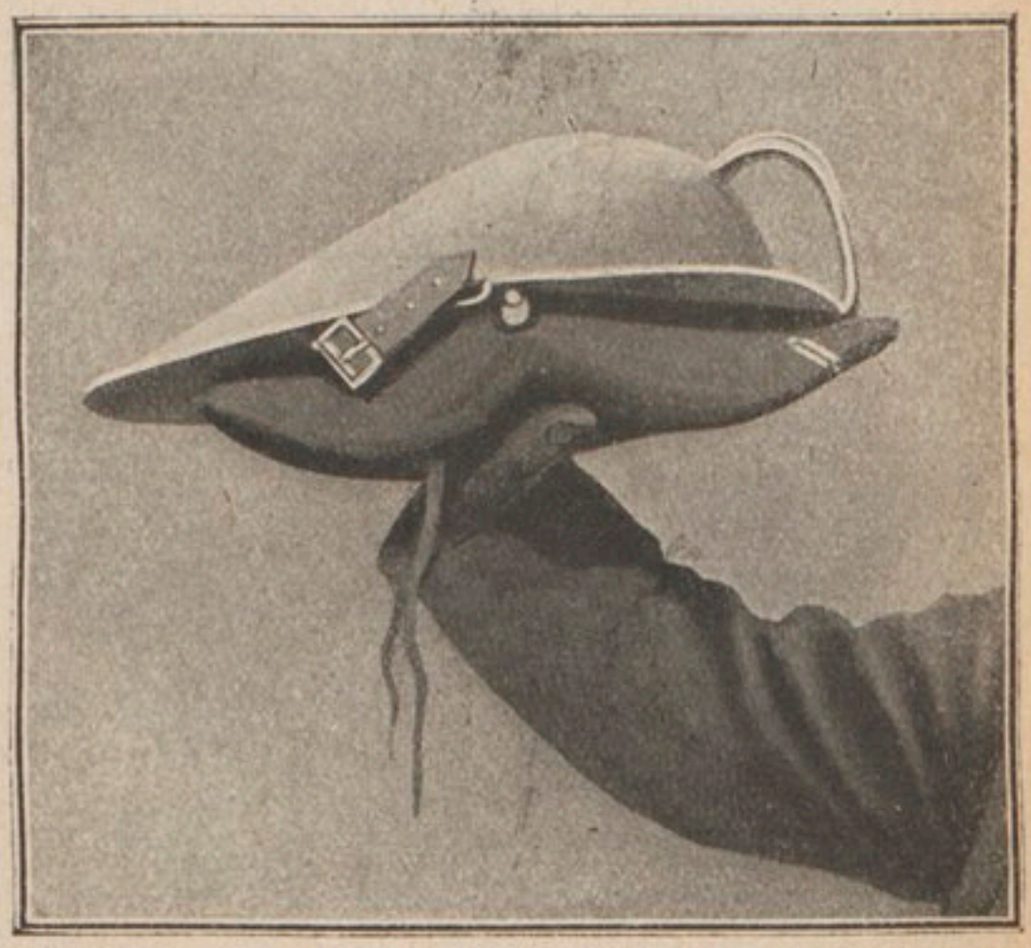
Elle se compose de deux plaques de tôle *A* et *B*, reliées par un de leurs côtés formant charnière et ajourées pour en diminuer le poids. Sur la surface intérieure de la plaque *B*, une troisième plaque *C*, ayant la forme d'un trapèze irrégulier, montée également sur charnière, forme entretoise et maintient entre les deux autres plaques un angle convenable. Ce trapèze est muni sur son grand côté de deux dents *F F* qui s'engagent dans des encoches *E E*, ménagées dans la plaque inférieure *A*, de façon à éviter tout glissement latéral. Les angles *X* et *Y* de la plaque inférieure sont légèrement rabattus afin de pouvoir pénétrer dans le sol. s'y agripper et y fixer très solidement la cale.

On comprend que tout le poids de l'objet ainsi calé est supporté par le trapèze *C* qui, placé de champ, est capable de supporter un poids relativement considérable ; le rôle des plaques *A* et *B* consiste à maintenir l'équilibre de l'appareil. Pour renfermer la cale dans sa boîte, on rabat la plaque *C* contre la plaque *B*, et on replie les plaques *A* et *B* l'une contre l'autre. (Voir les fig. ci-contre.)

Cet appareil qui peut, aussi bien qu'une roue de véhicule, caler une barrique ou tout autre objet roulant, se prête à différentes applications. Placé debout, il peut servir de tréteau. Si on en dispose deux l'un sur l'autre, comme l'indique l'une des figures, on obtient un support présentant une surface supérieure parallèle au sol. Dans le cas où la pente est trop forte, on appuie une seconde cale sur la première et on augmente ainsi l'angle nécessaire pour maintenir bien en place l'objet à caler

Un casque à multiples usages.

Un inspecteur de police américain, M. L.-D. Mahan, qui, d'ailleurs, a servi pendant trois années son pays dans le corps d'artillerie de côtes, a inventé un casque de tranchée dont la coiffe inté-



LE CASQUE DE M. L.-D. MAHAN

rieure est représentée par la coiffure ordinaire du soldat américain. Cette coiffure n'est pas, on le sait, un képi, mais un chapeau à larges bords. Toutefois, le chapeau et le casque peuvent être aisément séparés, et ce dernier, quand il n'est pas porté, est suspendu ou attaché au sac ; lorsque au contraire son détenteur désire s'en protéger, il l'assujettit facilement au chapeau au moyen de deux boucles et d'un bouton-pression qui se fixent sur le bord de la coiffure.

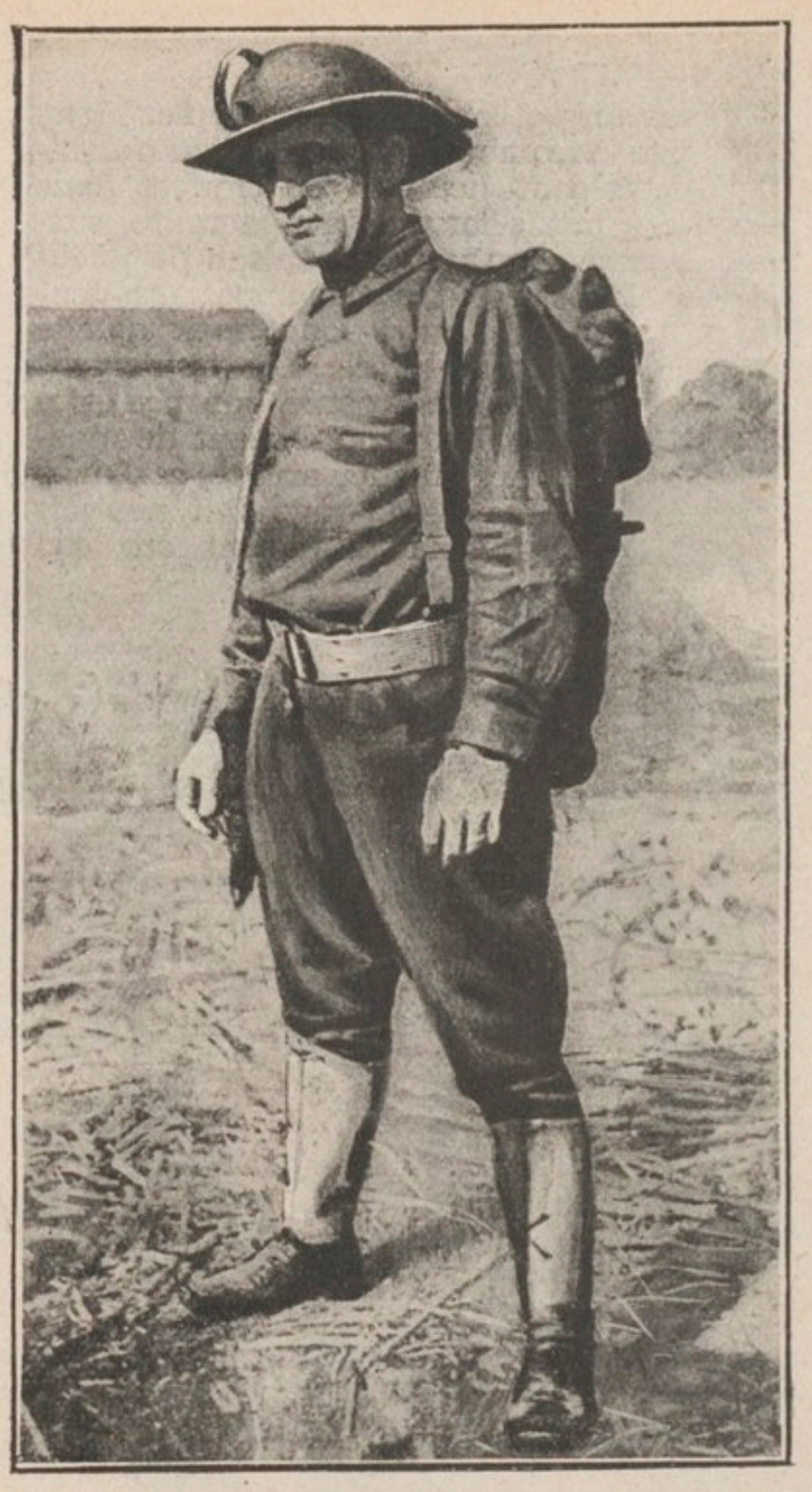
La nécessité de suspendre ou d'attacher le casque au sac a conduit l'inventeur à prévoir une boucle qu'il a remplacée par une poignée quand il s'est aperçu que, moyennant une petite modification dans la forme, la calotte métallique, naturellement évidée, ainsi détachée du chapeau, pourrait servir à l'occasion... de pelle. Bien entendu, il n'est pas question d'en faire un outil de fatigue capable d'excaver ou creuser des tranchées; mais, pour aplanir un petit emplacement de terrain, creuser une rigole etc., il est évidemment susceptible de rendre des services.

LE CASQUE PEUT SERVIR DE PELLE

M. Mahan ne s'est pas arrêté en si bon chemin et proclame que... pour donner à boire aux chevaux, servir de seau, d'ustensile de cuisine, etc... son casque n'a pas son pareil. Nous l'en croyons bien volontiers !

Portraits en couleur.

Un physicien, M. Kenneth Mees, a découvert, en collaboration avec M. John-G. Catstaff, un nouveau procédé de photographie en couleur. Ce procédé reproduit, paraît-il, d'une façon remarquablement fidèle, les couleurs naturelles du visage. Il est relativement simple et à la portée de tous les photographes possédant un bon outillage.



LE FANTASSIN COIFFÉ DU CASQUE MAHAN

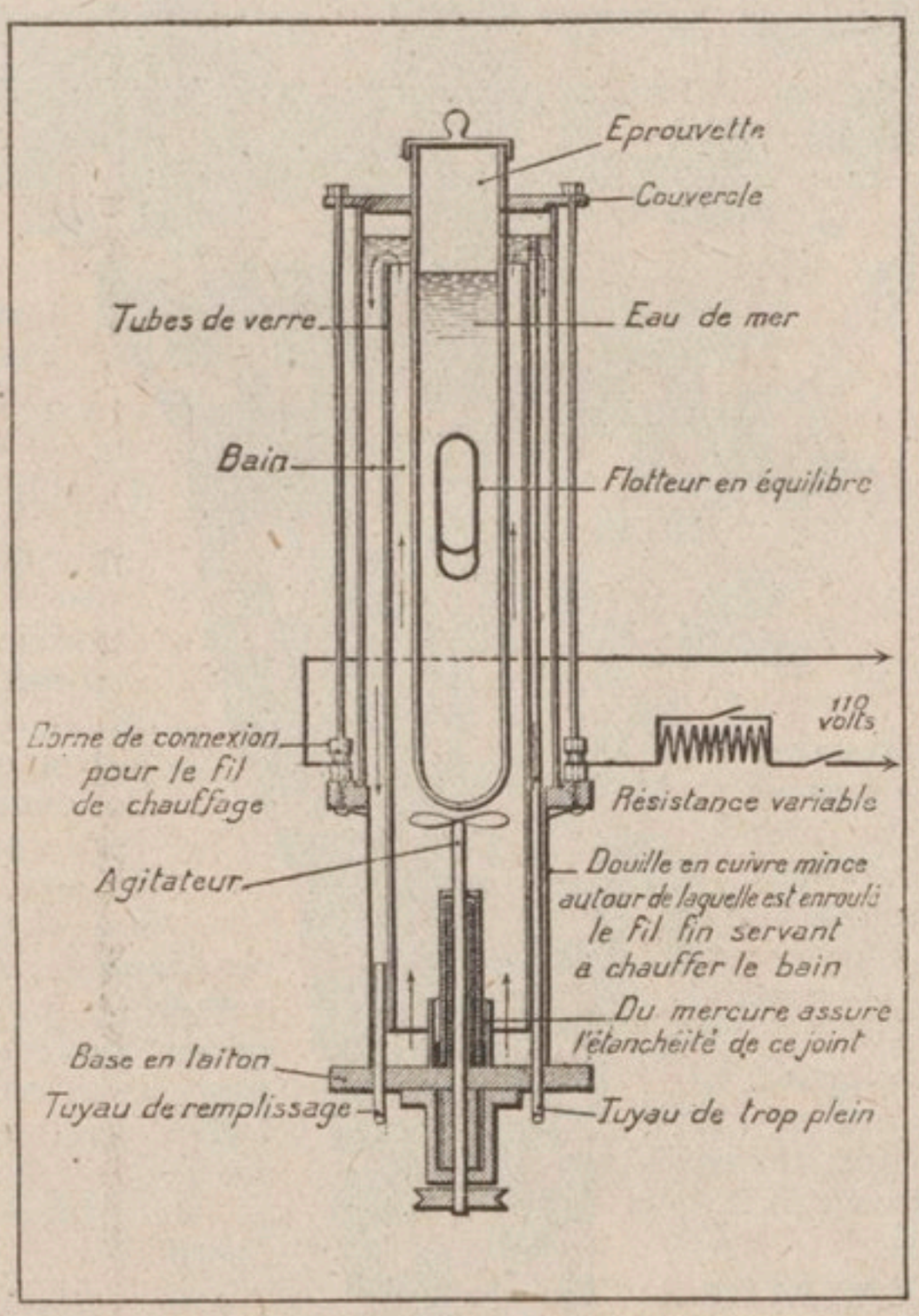
C'est, en somme, une modification ou mieux une application simplifiée du principe du photochromoscope du physicien anglais H.-E. Ives, en ce sens qu'il n'est fait usage que de deux couleurs au lieu de trois. Ces deux couleurs sont le rouge et le vert. Voici en quoi consiste succinctement le procédé en question : on tire deux négatifs du sujet au moyen d'un appareil spécial ou même d'un appareil ordinaire utilisant des écrans colorés. Ces négatifs sont ensuite teintés, l'un de rouge, l'autre de vert, de façon que la matière colorante se substitue à l'argent de l'émulsion ; les deux plaques deviennent ainsi leurs propres positifs. On les superpose et on les place dans un cadre derrière lequel on dispose une ampoule électrique. Le portrait apparaît alors en transparence et donne, paraît-il, une extraordinaire illusion de vie à la personne dont la physionomie est reproduite.

Calcul, à bord des navires, de la densité de l'eau de mer

Il a été récemment présenté, à l'Académie des sciences de Washington, un nouveau densimètre exclusivement destiné à la mesure de la densité de l'eau de mer et spécialement conçu pour être utilisé à bord des navires. Cet instrument est dû à M. A. L. Thuras, du Bureau américain des Etalons et Mesures. Bien que basé sur un principe déjà connu et ne constituant pas, par conséquent, à proprement parler une invention, cet instrument peut être considéré comme entièrement nouveau en raison de l'ingénieuse application du principe en question.

Puisqu'il s'agissait de produire un instrument susceptible d'être utilisé sur un navire et très exact dans ses indications, l'auteur ne pouvait songer à faire application des méthodes ordinaires de pesée, lesquelles, par les équilibres délicats qu'elles font intervenir, n'auraient pu s'accommoder des vibrations et oscillations continues qui caractérisent tout navire en marche.

Pour bien comprendre la méthode de détermination des densités mises en jeu par l'appareil de M. Thuras, il faut d'abord se souvenir que : si à 4° centigrades, un centimètre cube d'eau pure pèse un gramme, à toute autre température, il pèse un peu moins d'un gramme ; c'est là l'effet de la dilatation sur la densité, lequel, au surplus, est identique pour tous les corps. Si donc, on chauffe un échantillon quelconque d'eau de mer, on en diminue le poids unitaire. D'où il résulte que, considérant un objet quelconque, mais de densité parfaitement connue et, de préférence, légèrement inférieure à celle de l'eau de mer, on peut toujours, en élevant la température de cette eau, abaisser sa densité au point de la faire coïncider avec celle de l'objet considéré. Par suite, il est évident que, si l'objet en question est immergé dans l'échantillon d'eau de mer dont on veut déterminer la densité, il flottera d'abord à la surface du liquide, puisque sa densité est inférieure à celle de ce dernier, mais que, si l'on chauffe progressivement le liquide, l'objet s'enfoncera graduellement dans l'eau pour, à un certain moment, marquer une position d'équilibre. A cet instant précis, la densité de l'objet et celle de l'eau seront identiques et si l'on peut connaître la dilatation et la température du liquide, on sera à même d'en déterminer la densité à n'importe quelle température et, par conséquent, à celle où se trouvait l'échantillon au moment où on le prélevait. Il est bon d'ajouter ici que, comme l'ont montré de nombreuses analyses, la composition de l'eau de mer en différents sels est matériellement la même en tous les points de l'océan et à toutes les profondeurs ; seule la concentration change ; le coefficient de dilatation est donc invariable.



COUPE DE L'INSTRUMENT PERMETTANT DE DÉTERMINER LA DENSITÉ DE L'EAU DE MER

Ceci dit, il ne nous reste plus qu'à décrire succinctement l'instrument. Il se compose essentiellement d'une éprouvette graduée contenant le liquide dont on veut rechercher la densité et un flotteur, d'un bain à température variable et d'un thermomètre de très grande précision.

Le flotteur, qui sert d'étalon de densité, est en verre d'Iéna, pratiquement indilatable aux températures mises en jeu ; il mesure environ cinq centimètres de longueur et douze millimètres de diamètre et n'est utilisé que plusieurs mois après qu'on l'a recuit, afin que son volume ne soit plus sujet à des altérations. L'éprouvette a environ dix-huit millimètres de diamètre et quinze centimètres de longueur ; elle peut recevoir de quinze à trente centimètres cubes du liquide à mesurer. Le bain est constitué par un tube de verre serti à la base dans une douille de cuivre ; pour réduire les dimensions de l'instrument, il a été fait aussi petit que possible et sa capacité ne dépasse pas deux cent soixante-dix centimètres cubes. Un enroulement de fil fin, en série avec une résistance variable, permet de chauffer électriquement

le bain. La base de ce dernier est traversée par la tige d'un petit agitateur en forme d'hélice dont le rôle consiste à maintenir la température uniforme dans les différents points de la masse liquide ; le joint est rendu étanche par du mercure. Le bain communique avec l'extérieur par deux tubes dont un sert à le remplir et l'autre permet l'écoulement du trop-plein. Il est fermé à sa partie supérieure par une calotte en cuivre permettant l'insertion de l'éprouvette et du thermomètre. Ce dernier est gradué en dixièmes de degré; son ampoule plonge dans le bain.

Dans la pratique, il est matériellement impossible de lire exactement sur le thermomètre la température à laquelle le flotteur est en équilibre, celle par conséquent qui correspond à la concordance des densités de l'échantillon d'eau de mer et du flotteur, mais on peut réussir à lire deux températures, l'une inférieure, l'autre supérieure à celle qu'il conviendrait de connaître, tellement rapprochées l'une de l'autre que leur moyenne proportionnelle peut être considérée comme indiquant, à quelques centièmes de degré près, la température recherchée.

L'étrave d'un Leviathan des mers

Nous reproduisons ici une curieuse photographie de l'avant d'un cuirassé américain qui a été récemment mis à flot. Ceci dit, on n'aura pas de peine à imputer au photographe l'effet bizarre et quelque peu troublant produit par une perspective volontairement exagérée.

L'avant du cuirassé *Idaho* comme celui des deux autres bâtiments de sa classe : le *New-Mexico* et le *Mississipi*, a la forme concave des premiers paquebots et de certains grands voiliers actuellement en service. C'est la projection supérieure de cette étrave qui, étant donné qu'elle était plus rapprochée de l'objectif, fait apparaître les écubiers aussi disproportionnés et aussi gigantesques et l'avant aussi effilé. Or, bien que les lignes d'eau de l'*Idaho* soient très fines, le navire n'en a pas moins 32 mètres de largeur pour 190 mètres de longueur. Ajoutons, en passant, que ce magnifique cuirassé déplace 32.000 tonnes et porte, comme armement principal, douze canons de 356 millimètres.

NI UN POISSON, NI UN MASQUE CONTRE LES GAZ : C'EST L'ÉTRAVE D'UN CUIRASSÉ AMÉRICAIN

L'enseignement de la guerre aux Etats-Unis

Les instructeurs à l'Ecole militaire américaine où sont formés les officiers d'artillerie du Corps de la défense des côtes, disposent, pour leurs leçons pratiques de tactique et de stratégie, de cartes en relief de grandeur exceptionnelle, représentant chacune un front de mer fortifié des côtes américaines, et des modèles réduits de tous les types de bâtiments de guerre et même de commerce. Le relief des cartes est en ciment très dur, de sorte que l'officier professeur peut, pour la facilité de ses démonstrations, monter sur les cartes, lesquelles sont posées sur des tables de dimensions appropriées. Les élèves sont assis autour de ces tables pendant les leçons et suivent ainsi *de visu* toutes les formations et évolutions des flottes, escadres et flottilles des navires amis et ennemis que dirige l'officier instructeur au moyen d'une longue baguette.

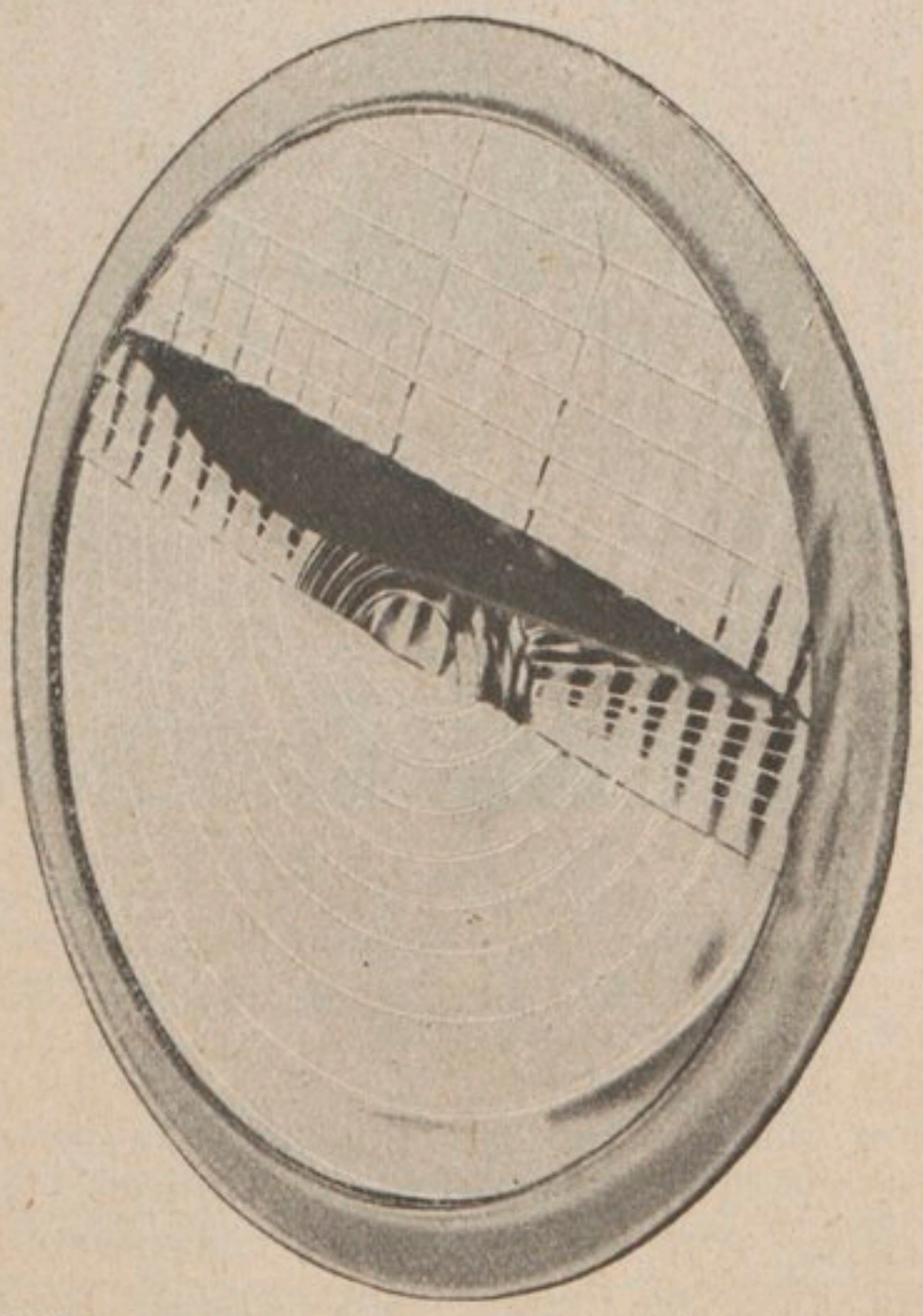
Quand une leçon est terminée, le professeur fait évacuer la salle, puis, seul, il dispose à son gré la force assaillante, supposée vouloir forcer, bloquer, etc... l'entrée d'un port ou d'un estuaire fortifié de la côte. Les élèves sont ensuite réadmis dans la pièce ; il leur est assumé à chacun le rôle de commandant d'une des batteries de côte, figurées sur la carte, qui défendent le point considéré. L'instructeur leur demande alors quels ordres ils donneraient à leur batterie dans le cas posé. Chaque élève doit répondre dans un temps fixé qui est très court, ce qui développe son habileté à saisir rapidement une situation quelle qu'elle soit et à décider immédiatement des mesures les plus propres à y faire face.

V. Rubor

LA SUPPRESSION DE L'ÉBLOUISSEMENT CAUSÉ PAR LA LUMIÈRE DES PHARES D'AUTOMOBILES

Par Charles **BURY**

Nous avons déjà eu l'occasion de signaler que les phares d'automobiles doivent, aux Etats-Unis, satisfaire à des conditions d'éclairage régies par des règlements sévères qui exigent que la lumière de ces appareils ne puisse, en aucun cas, éblouir les conducteurs des autres voitures et causer des accidents dont les conséquences furent, dans le passé, trop souvent mortelles. Il ne saurait donc être question pour le fabricant de phares de munir ses appareils d'une simple glace ou d'une lentille ordinaire. Pour lui, ce problème se complique de ce fait que, tout en supprimant l'éblouissement dans la mesure voulue, il y a intérêt à réduire aussi peu que possible l'intensité de l'éclairement et à concentrer la lumière à la fois en avant et sur les côtés de la route que suit le véhicule.

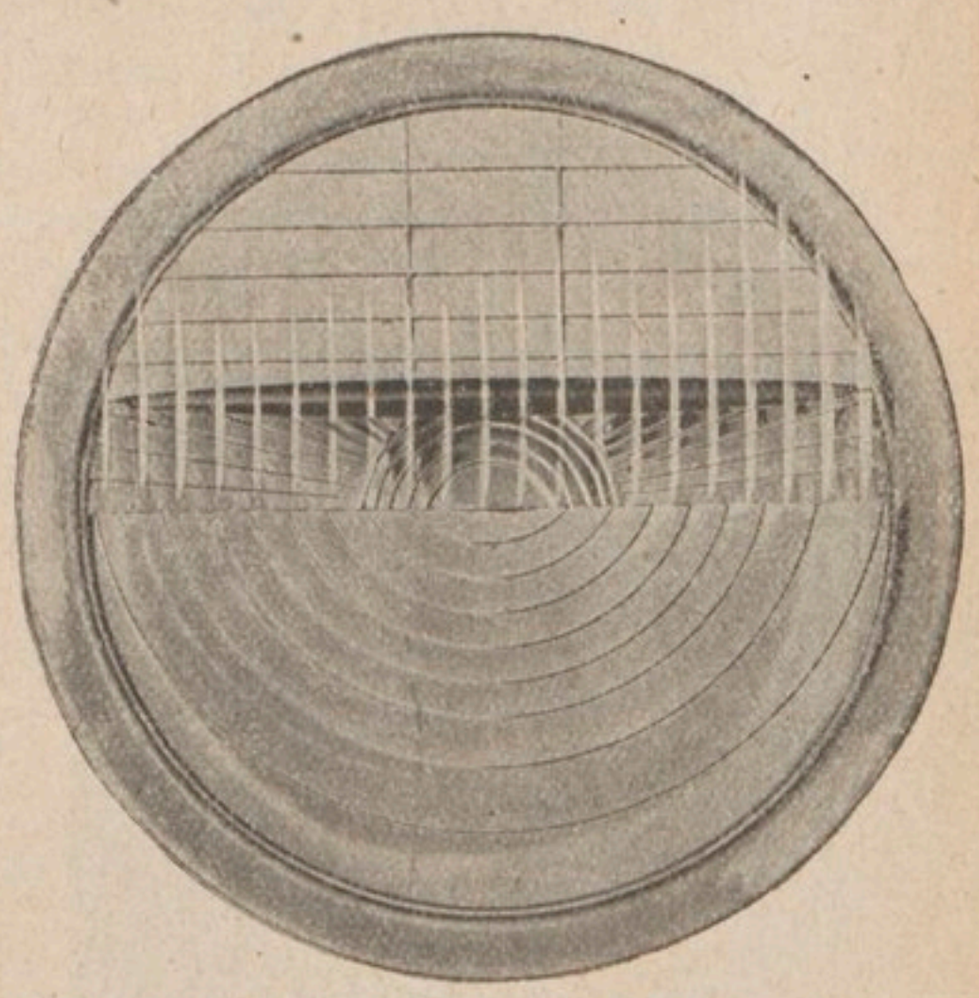


FACE DE LA LENTILLE TOURNÉE VERS LA LAMPE A INCANDESCENCE DU PHARE

On remarquera tout particulièrement la forme et la position de l'abat-jour.

Il serait trop long de décrire, même succinctement, les systèmes qui prétendent répondre à ces desiderata. Nous nous contenterons de signaler l'un des derniers en date qui, scientifiquement parlant, paraît être l'un des mieux étudiés ; sa description montrera aussi avec quelle minutie ce problème d'optique est attaqué par les ingénieurs américains.

La lentille que représentent nos gravures se compose d'un assemblage de quatre sys-



FACE DE LA LENTILLE TOURNÉE VERS L'EXTÉRIEUR, C'EST-A-DIRE VERS LA ROUTE

Se référer au texte et à la figure précédente.

tèmes optiques ayant chacun une fonction bien déterminée. Le premier, marqué *A* sur la figure page suivante, consiste en prismes ayant pour fonction de grouper, par une diffraction appropriée, les rayons lumineux supérieurs émis par le filament de la lampe à incandescence du phare en un faisceau horizontal ne présentant pas de dispersion latérale, qui ne puisse par conséquent frapper la rétine du conducteur d'une automobile venant en sens inverse. Le second, marqué *B*, consiste en prismes rayonnants qui dispersent les rayons latéraux en éventail sur les côtés et les dévient franchement

vers le bas, de manière à éclairer toute la largeur de la route immédiatement en avant de la voiture. Le troisième, marqué *C*, est formé par des prismes semi-circulaires concentriques dont la mission est de redresser et de disperser les rayons inférieurs horizontalement de manière à les projeter et les étaler en avant de la route pour fournir l'éclairage à distance. Le quatrième système optique, marqué *D*, est représenté par des prismes circulaires concentriques destinés à empêcher la dispersion des rayons centraux. La lentille est complétée sur sa face

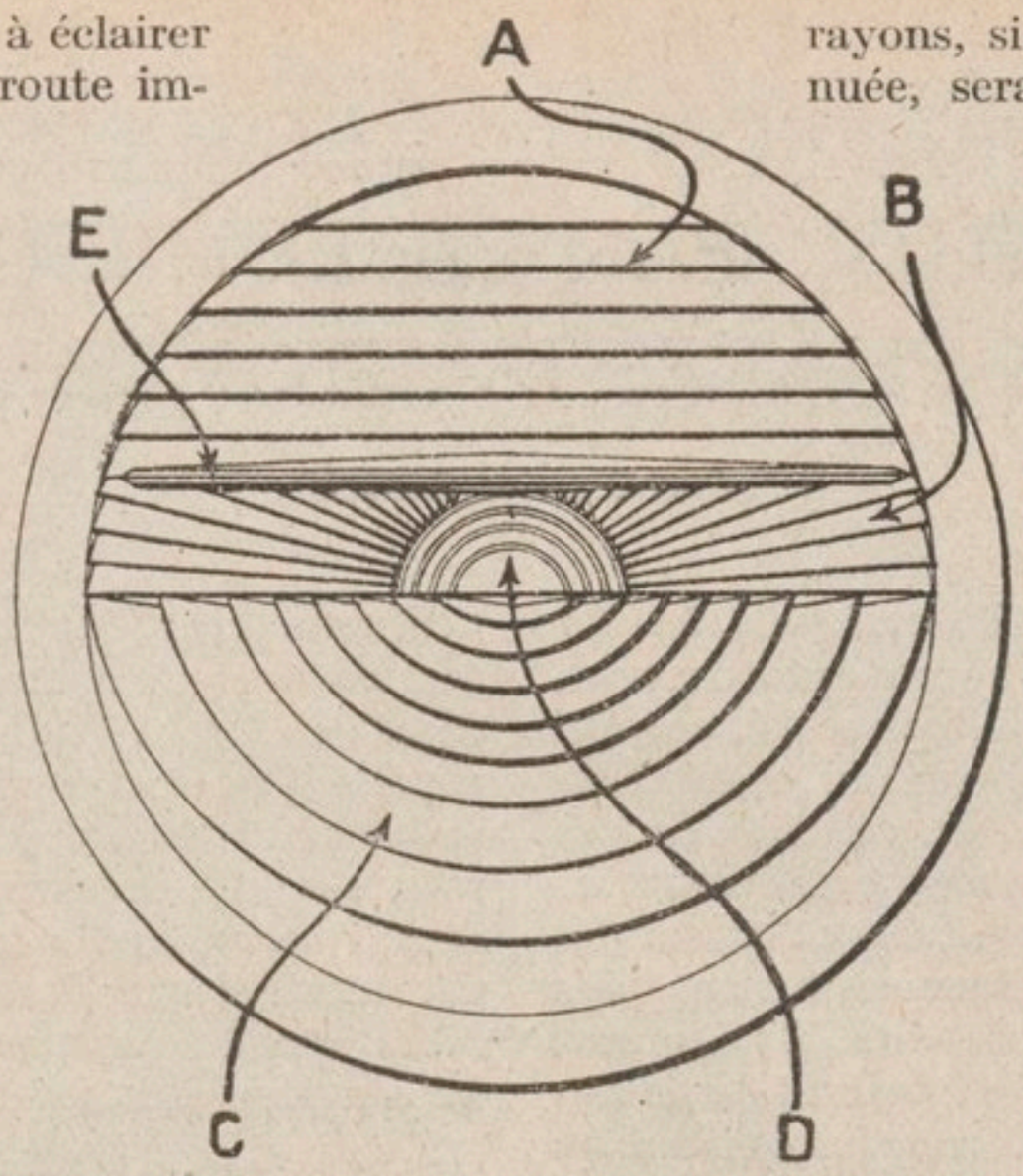
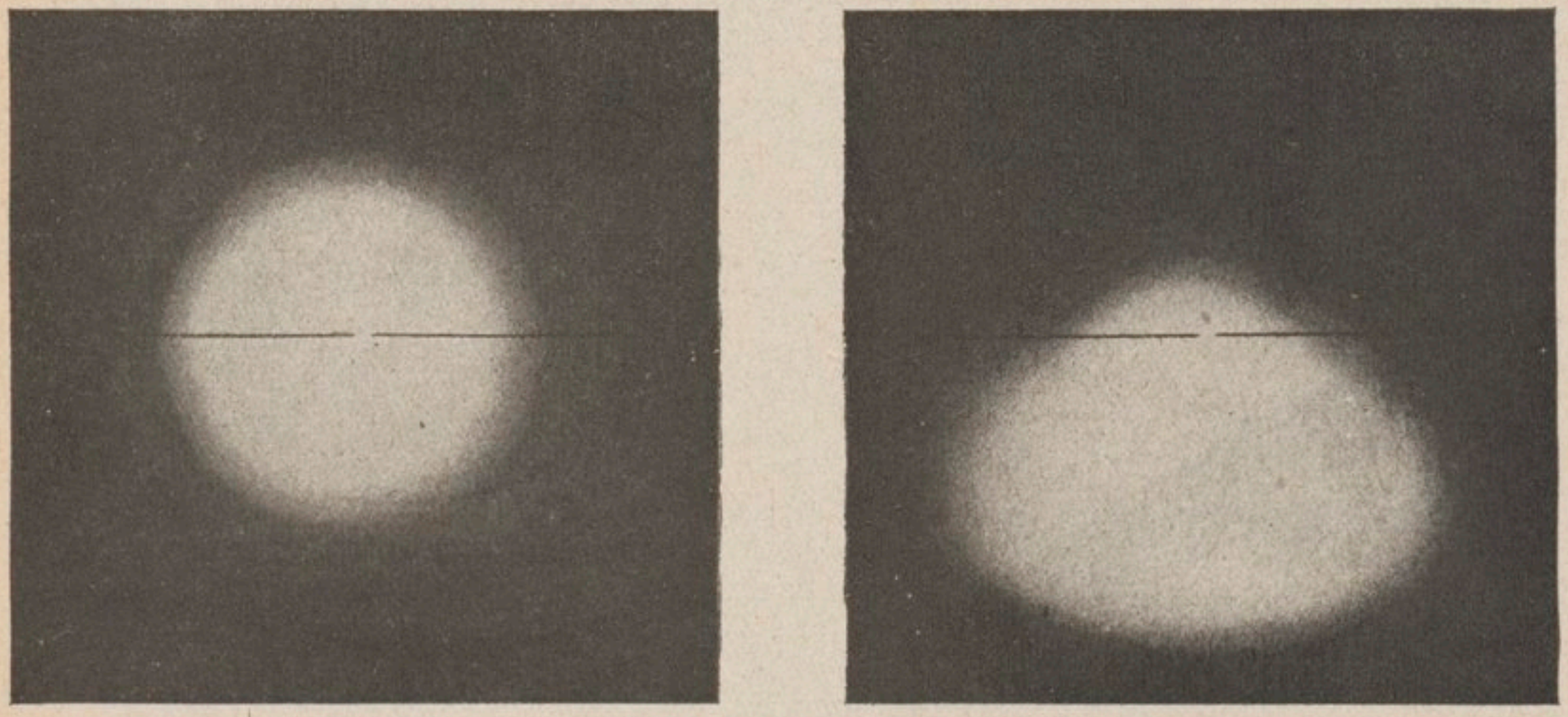


FIGURE SCHÉMATIQUE DES SYSTÈMES OPTIQUES

Les systèmes A, B, C, D *ont pour but de projeter les rayons lumineux horizontalement, sur les côtés et vers le bas, mais aucun vers le haut ;* E *est un abat-jour qui diffuse les rayons horizontaux supérieurs.*

intérieure par un mince abat-jour *E* horizontal ; cet abat-jour, intercalé à l'intersection des systèmes optiques *A* et *B*, est dépoli ; son rôle est de diffuser les rayons supérieurs qui ne frappent pas le réflecteur du phare et qui forment la partie supérieure du faisceau, celle qui est directement projetée en avant de la route ; la luminosité de ces rayons, si elle n'était pas atténuée, serait trop vive et pourrait éblouir les personnes traversant la route en avant de la voiture automobile.

Comme le montrent les photographies de la page précédente, l'aspect de la lentille est sensiblement différent suivant qu'on examine l'une ou l'autre de ses faces. On remarquera tout spécialement les photos ci-dessous du faisceau lumineux (projeté sur un écran) émis par le même phare mais avec interposition, dans un cas, d'une lentille semblable à celle que nous venons de décrire et, dans l'autre cas,



TACHES LUMINEUSES PROJETÉES SUR UN ÉCRAN PAR DEUX PHARES D'AUTOS

Pour la tache de gauche, le faisceau lumineux traverse une glace ordinaire ; celle de droite est produite par une lentille destinée à supprimer l'éblouissement de la lumière. Dans les deux cas, la ligne noire horizontale est au niveau du filament de la lampe à incandescence.

d'une glace ordinaire. La ligne noire horizontale qui traverse la tache de lumière est, dans les deux cas, au même niveau que le filament de la lampe. On observe que, lorsque le faisceau traverse une glace ordinaire, 50 % des rayons émis par l'ampoule sont projetés en pure perte vers le haut et sont précisément la cause de l'éblouissement. C. BURY

L'ESPRIT PEUT-IL GUERIR TOUTES LES MALADIES ?

ANALYSE DU LIVRE DE Mrs EDDY : " LA SCIENCE ET LA SANTÉ "

Par le Docteur E. PHILIPON

Je vais reprendre aujourd'hui mon exposé de la doctrine « Christian Scientist » que mes obligations militaires m'ont condamné à interrompre pendant quelque temps. Je le ferai, selon mon habitude, d'une manière très objective, très impartiale. Je m'abstiendrai de marquer mes préférences ou mes répugnances individuelles. Je n'en soulignerai pas les qualités, je n'en rechercherai pas les défauts. Au lecteur de passer au crible de sa critique les idées que je vais exposer : « Christian Science » ne s'impose pas à la conscience humaine par l'argument d'autorité ; elle sait y pénétrer au moyen de ses seules forces.

Mais d'abord, quelques mots sur mon dernier article. Celui-ci a soulevé un certain émoi parmi les groupes « scientists ». Des voix chuchotantes se sont élevées... On m'a accusé de faire danser autour des principes Eddyiques la folle théorie de mes idées personnelles, et même d'étirer jusqu'à le rompre le sens intime de la Révélation nouvelle. Je ne me demanderai pas si je mérite ou non un pareil reproche, mais pour ne plus courir le risque de passionner les sensibilités frémissantes, je tâcherai de me montrer plus circonspect à l'avenir. Je distinguerai avec soin mes conceptions particulières du cœur même de la Doctrine ; je respecterai scrupuleusement les « bornes de son empire » et, de la sorte, « Christian Science » n'aura plus rien à perdre, si mon amour-propre d'auteur n'a rien à gagner (1).

J'ai dessein de consacrer une série d'études au livre de textes de la Science Chrétienne. *La Science et la Santé avec la Clef des Ecritures*. Ce livre, écrit par Mrs Eddy, il y a quelque cinquante ans, et dont le nom est certes bien connu de mes lecteurs, a été ces derniers temps traduit en langue française. Le voilà donc devenu accessible à tous. Je viens d'en recevoir un exemplaire. Pendant que j'écris ces lignes, il se trouve là sur ma table, et le soleil printanier qui entre par la fenêtre joue sur les ors de sa tranche. En vérité, il a très bon aspect, ce livre ; il est très agréable à contempler, sous son élégante couverture de chagrin noir, très commode aussi à manier. Il se plie, se roule entre les mains avec une facilité remarquable. Il objective en quelque sorte toutes les crispations de la pensée.... Je l'ouvre ; je parcours au hasard quelques pages : une émotion exquise me pénètre ; de chers souvenirs me remontent au cœur... Je lis ces titres de chapitres qui amenaient naguère un vague sourire sur mes lèvres : « les Pas de la Vérité »... « la Science, la Théologie, la Médecine »... « la Science de l'Etre »... Je les reconnais bien tous... Ils m'arrivent les uns après les autres avec leurs suggestions chargées de rêves. Enfin, presque sans y songer, je m'arrête sur les premières pages du livre, sur ces pages que Mrs Eddy a consacrées à la prière. La pensée se révèle en moi. Je prends des notes... je médite... Et ce sont ces notes et ces méditations, chers lecteurs, que je me permets de vous présenter aujourd'hui.

Pour la clarté de l'exposition, je diviserai mes développements en trois paragraphes :

1° Analyse de la prière vulgaire ;
2° Analyse de la prière Christian-scientist ;
3° Conclusion (1).

(1) Je remercie les nombreux correspondants qui ont bien voulu me faire part de leurs réflexions personnelles. Je les ai toutes lues avec intérêt et profit. Je ne regrette qu'une chose, c'est que les circonstances ne m'aient pas permis de leur répondre individuellement à tous. En particulier, je me fais un devoir de remercier ici Mrs Struve, l'éminente Christian-Scientiste américaine, et M. M. Fleury, membre de la Société des Poètes Français, pour les observations intéressantes que mon dernier article leur a suggérées.

(1) Toutes les citations sans indication d'origine que je ferai au cours de cet article seront tirées textuellement de « Science et Santé ».

A. - La prière commune

On prie beaucoup dans le monde. On demande à Dieu bien des choses. On obtient peu. La manne divine ne tombe que pour quelques élus et la rosée céleste ne rafraîchit que quelques âmes. Pourquoi? A quoi est due cette inefficacité de la prière? Pour répondre à cette question, nous allons analyser son concept et examiner les aliments qui le composent. Nous trouverons probablement sans trop de difficultés ce qui rend l'invocation ordinaire inopérante et oiseuse.

La prière comprend deux éléments distincts :

1° Un élément concret, plus particulièrement objectif et matériel : *la demande* ;

2° Un élément abstrait, plus particulièrement subjectif et spirituel : *la foi*.

Par la demande, nous renseignons Dieu sur nos besoins. Par la foi, nous lui reconnaissons le pouvoir de les satisfaire.

Or la prière ainsi comprise soulève de graves objections :

1° Elle implique un Dieu personnel, fini, borné ;

2° Elle implique la négation des attributs de la Divinité.

Que la prière implique un Dieu personnel, cela tombe sous le sens, puisque l'invocation suppose quelqu'un qui demande et quelqu'un qui accorde. Par ainsi, elle dédouble la Substance une et identique. Elle oppose la terre au ciel, l'homme à Dieu. Elle admet un moins parfait et un plus parfait, un moins bon et un meilleur. La notion de l'Etre infini craque ainsi de toutes parts.

Que la prière implique la négation des attributs divins, cela saute également aux yeux :

Pourquoi chercher à renseigner Dieu, puisque, par définition même, il est toute Science?

Pourquoi chercher à toucher Dieu, puisque, par définition même, il est tout Amour ?

Pourquoi chercher à modifier Dieu, puisque, par définition même, il est l'Immuable par excellence?

Celui qui prie ne se rend pas compte de ces antinomies. Il ne discute pas sa prière, il en use. Une vieille habitude le porte à chercher les coins sombres des basiliques, à joindre les mains, à ployer les genoux devant les autels. Parfois, cela le soulage, le réconforte. Parfois, une coïncidence heureuse lui permet de rendre grâce à la Divinité bienfaisante. Cela lui suffit ; il ne cherche pas plus loin. Il ne se rend pas compte de l'illogisme criant de sa manière de faire. Il ne s'aperçoit pas qu'il se contredit, en quelque sorte, et qu'il nie par son acte celui-là même qu'il implore.

On comprend donc qu'une prière de ce genre ne soit pas très souvent exaucée. Elle n'a aucun sens. Elle s'adresse à l'Infini et elle le suppose borné. Elle s'adresse au Parfait et elle le suppose ignorant. Elle s'adresse à l'Immuable et elle le suppose changeant. Une telle invocation flotte dans le vide. Les bienfaits que certains en retirent ont des causes purement physiques et l'auto-suggestion, par exemple, dans les phénomènes de cet ordre, joue un rôle capital.

En résumé, si la prière commune ne rend pas tous les services qu'on est en droit d'attendre d'elle, c'est parce qu'elle est fausse dans son principe. C'est un instrument inadéquat à l'usage auquel il est destiné ; et son emploi, loin de présenter des avantages sensibles, donne lieu, au contraire, à des inconvénients de diverses natures, ainsi que nous le verrons plus loin.

B. - La prière Christian-scientist

A la prière vulgaire, Mrs Eddy oppose la prière « Christian-scientist ». Dans celle-ci, en effet, les choses se passent d'une façon très différente. Ici, la prière est réduite à une croyance : *à la croyance que nous avons déjà en réalité ce qui semble nous manquer en apparence*. Méditez la formule, elle en vaut la peine. « Les supplications n'apportent aux mortels, dit la fondatrice de la Science Chrétienne, que les résultats de la propre foi des mortels. » Cette doctrine s'appuie sur l'autorité du Christ Jésus, sur l'enseignement de celui qui a prononcé jadis ces mémorables paroles : « En vérité, je vous le dis, tout ce que vous demandez en priant, croyez que vous l'avez obtenu et cela vous arrivera. » La prière Christian-scientist, en somme, et malgré son allure un peu spéciale, n'est que le développement, que la mise en œuvre bien comprise de la connaissance de la vérité qu'avait Jésus de Nazareth.

Une telle prière l'emporte de beaucoup sur sa rivale. Elle reste d'accord avec les principes et ne se heurte pas aux mêmes objections. Elle suppose un Dieu abstrait, impersonnel, et non plus un Dieu personnel. Elle respecte l'unité de substance. Elle ne détache plus l'homme de l'Infini. Une telle prière ne se montre plus contradictoire avec les attributs de la Divinité. Elle ne sollicite plus la justice ou la pitié du Maître. Elle ne lui demande plus de modifier sa propre immutabilité. Elle ne l'importune plus de ses conseils, de ses remords, de ses plaintes, de ses promesses. Elle tend à Le comprendre ; elle cherche à Le réaliser. La prière « Chris-

tian-scientist a pour but immédiat d'*accorder* l'homme avec l'Esprit suprême, de le mettre en harmonie avec la « Science de l'Etre ». La Perfection nous entoure ; elle est au-dessus de nous, autour de nous, en nous. Mais nous ne pouvons la reconnaître par suite de l'erreur, c'est-à-dire la croyance de la Vie et Intelligence en la matière. La prière scientifique nous sensibilise et nous rend aptes à la percevoir. Les Vertus en longues grappes d'or pendent au-dessus de nos têtes. La Science Chrétienne va nous permettre de les cueillir. De quelle manière au juste ? Eh! qu'importe ! Ne cherchons pas à préciser le mécanisme intime de la *réalisation*. Y a-t-il passage progressif de la Puissance à l'Acte ? Y a-t-il *reconnaissance* progressive de la *qualité réelle* des choses actualisées? En un mot, Dieu est-il la Perfection en puissance qui se réalise par une démonstration adéquate ou l'Acte parfait qui se révèle sous son véritable jour par une compréhension plus scientifique et plus conforme? Les deux hypothèses sont également admissibles, bien que la seconde me paraisse plus en rapport avec l'économie générale de la Doctrine Chrétienne Scientist. Mais, au fond, je le répète, qu'importe?

Qu'importe la façon dont la réalisation se produit, pourvu qu'on sache le moyen de l'obtenir en pratique.

Est-ce tout? Pas encore. Nous avons examiné le principe de la prière « Christian-scientist », nous n'en avons pas encore vu la forme. Par quel moyen, dans la pratique quotidienne, le Christian-Scientist exprimera-t-il sa croyance dans la réalité et la présence des choses qui lui manquent? De quelle façon se mettra-t-il en contact avec l'Infini? Sur ce point, les idées de Mrs Eddy peuvent être schématisées dans les quatre propositions suivantes, et nous verrons, en passant celles-ci en revue, combien encore la prière néo-chrétienne diffère de la prière ordinaire.

En premier lieu, la prière Christian-scientist sera *simple*. J'entends par là qu'elle sera dénuée d'ornements extérieurs. Plus de cathédrales magnifiques, plus de rituels compliqués, plus de cérémonies, plus d'idoles, plus d'images. La prière Christian-scientist évite les choses qui matérialisent le culte et qui ne servent qu'à entraver la marche ascendante vers l'Esprit pur. A quoi aboutissent-elles, en effet, sinon à renforcer en nous l'idée de ce Dieu personnel que notre tendance anthropomorphique nous représente sans cesse sous la forme humaine ?

Je suis Monsieur de l'Absolu.

J'ai créé le ciel et la terre.
Amen ! Amen ! (1)

Oui, cela n'agit que sur les sens, non sur le cœur. La prière Christian-scientist élaguera donc ces bourgeons adventifs, ces branches gourmandes qui épuisent sans raison la sève montante du désir, et la pensée, débarrassée de ses chaînes, prendra son vol vers l'Infini.

En second lieu, la prière Christian-scientist sera *muette*. Elle se fera « un doigt sur les lèvres » « dans le sanctuaire de l'esprit où se trouve le Père, dans le secret ». Le désir ne sortira pas du cœur. Mrs Eddy a horreur de la prière à voix haute; « les motifs, dit-elle, qui poussent à prier verbalement peuvent enfermer un trop grand amour d'approbation pour susciter ou encourager un sentiment chrétien » ; et plus loin, « la prière à haute voix peut faire de nous des hypocrites involontaires. Par elle, nous pouvons affirmer des désirs irréels... nous consoler au milieu du péché, en nous rappelant que nous avons prié à cet égard, ou que nous avons l'intention de demander pardon dans un jour à venir, etc., etc. »; et plus loin encore, « une prière verbeuse peut produire chez le pécheur un paisible sentiment de propre justification, bien qu'elle en fasse un hypocrite ». En résumé, l'auteur de *Science et Santé* a peur de la duperie des paroles, de la propension que nous pourrions avoir à nous en contenter. Elle redoute surtout la partie mécanique de la prière, les sons qui produisent une extase physique, ou la répétition des mêmes mots qui dispense de tout travail intellectuel ; et là-dessus, certes, elle n'a pas tort. Pour qu'un mot présente un sens à l'esprit, il doit, lors de son entrée dans la conscience, rencontrer une certaine résistance de la part du milieu environnant. Autrement, il traverse le cortex sans laisser de traces. Or, les mots usuels ne trouvent plus le moindre obstacle sur leur route. Ce sont des figures de connaissance que les gardiens du Moi laissent entrer sans difficultés. Leur prononciation devient donc au bout de quelque temps purement machinale ; ils sont inconscients quoique articulés et le résultat... on le devine.

En troisième lieu, la prière Christian-scientist sera *abstraite*. En effet, il n'est rien que nous ne possédions déjà. A quoi servirait donc une demande particulière? Le but de la prière n'est pas d'obtenir quelque chose, mais de prendre conscience de la Bonté qui nous entoure. Or, cela dépend de nous et de nous seuls. « Il faut lutter pour entrer. »

(1) Shopenhauer : Parerga et Paralipomena.

Luttons donc. Nous avons à chasser l'idée du mal, nous avons à détruire son existence apparente ; nous ne pouvons mieux triompher qu'en devenant meilleurs nous-mêmes. En conséquence, le désir de « croître en grâce », le désir de « bien agir », sera la plus belle prière, la plus pure, la plus agissante. «Donnez-nous aujourd'hui notre pain quotidien », dit-on, par exemple, dans la splendide prière où le chrétien met toute son âme. « Donne-nous ta grâce pour aujourd'hui ; rassasie les affections affamées», dit-on dans le *Pater Noster* Christian-scientist... Ce simple rapprochement montre bien la différence des deux doctrines.

Enfin, quatrième caractéristique : la prière Christian-scientist sera objective, c'est-à-dire qu'elle traduira le désir par un acte. Le désir d'être meilleur est une bonne chose, mais le fait de se montrer meilleur vaut encore beaucoup mieux. C'est par notre mode de vivre de chaque jour que nous révélons la sincérité, la profondeur de notre désir. Une idée ne s'extériorise dans un acte que par le concours de la volonté ; et la volonté, c'est nous-mêmes. Témoigner notre reconnaissance pour les bienfaits déjà obtenus, n'est-ce pas nous rendre dignes d'en recevoir davantage? Et quelle manière plus adéquate de montrer notre gratitude à Dieu que d'obéir à la Loi morale qui se trouve gravée dans notre cœur? « Etre bon, c'est prier toujours. »... « Le désir de la sainteté est requis pour obtenir la sainteté, mais si nous désirons la sainteté par-dessus tout, nous lui sacrifierons toutes choses ». Belle et profonde doctrine ! et que, malgré tout mon scepticisme, je ne puis m'empêcher d'admirer.

Oui, être bon, c'est prier toujours. Dans la bonté, en effet, c'est-à-dire dans « l'amour détaché de soi-même », dans « l'immolation de soi » se résume la parole divine. Une telle conception exclut nettement l'*amour égoïste*, base jusqu'à notre époque de la plupart des existences humaines. Cet amour qui n'a en vue que l'intérêt personnel, qui oppose sans discontinuer le « Moi » au « Non-Moi », qui engendre la concurrence vitale, qui met en conflit aigu les forces de la nature, cet amour n'a plus de place à l'heure actuelle dans la société des hommes. L'anathème prononcé contre lui est tellement juste que tous, tant que nous sommes, chrétiens ordinaires ou « Scientists », croyants ou libres penseurs, nous ne pouvons que nous y rallier. Mais, à mon sens, la doctrine néo-chrétienne met encore à l'index une forme d'amour plus élevée, que l'on pourrait appeler l'amour *ego-altruiste* et qui consiste à *aimer les autres pour soi-même*. Plus nous évoluons, plus nous nous différencions et plus, par conséquent, nous devenons solidaires les uns des autres. Ici, nous arrivons à l'idéal, à la fusion du « Moi » et du « Non-Moi », à la marche du Fini vers l'Infini, au passage progressif du multiple à l'Unique, du divers à l'Identique, de la matière à l'Esprit, de l'homme à Dieu. Ici, plus d'opposition entre les individus ; mais la poursuite du même but, l'entente cordiale pour le même résultat. La Substance, après sa dissociation phénoménale, retourne par ce moyen à son Unité réelle.

Conclusion

Telles sont, en quelques mots, les principales caractéristiques de la prière néo-chrétienne. Evidemment, elle n'a pas la poésie intense de sa glorieuse rivale. On ne trouve pas en elle de ces phosphorescences mystérieuses, de ces lueurs pâles, fugitives, incertaines, que notre âme rêveuse recherche sans cesse avec ardeur... Portes d'or... Tour d'ivoire... Etoile du matin... Tous ces mots magiques en qui se concrète le désir, qui nous bercent, qui nous caressent, qui nous enchantent, on ne les trouve pas dans la prière néo-chrétienne. Celle-ci est un peu sèche, un peu rude, presque trop analytique et raisonneuse. Mais, par contre, elle est claire, logique, harmonieuse. Elle ne nous pousse pas en plein mystère, elle ne heurte pas notre manière ordinaire de concevoir. Loin de nous lancer brusquement vers l'Infini, elle nous y porte au contraire avec douceur. La prière Christian-scientist surexcite notre intelligence, exaspère notre volonté, permet à l'homme de déployer toute son énergie pour la conquête de la spiritualité suprême. Elle bat la matière par ses propres armes, elle réalise peu à peu la liberté de l'univers. La prière Chrétienne-scientist, pour renfermer son essence dans une formule concise, la prière Christian-scientist est véritablement la forme religieuse de l'effort.

Je crois à son avenir. Je crois que si certains persistent dans la foi de leur enfance, beaucoup feront du nouveau joyau spirituel la parure unique de leur âme. Et quelques-uns encore, parmi les sceptiques et les habiles, quelques-uns qui ne veulent, ne peuvent ou ne savent choisir iront à la Science Chrétienne comme à une nouvelle manière de goûter le mystère des choses !

Dr E. PHILIPON.

LA RUÉE ALLEMANDE SUR LE FRONT OCCIDENTAL

Dans les secteurs de Picardie et des Flandres

L'OFFENSIVE du 21 mars était venue se briser le 28 sous Montdidier, sans avoir atteint son but essentiel : la séparation des armées anglaise et française, l'enveloppement de leurs ailes en vue d'une destruction totale ou partielle. A partir de ce moment, nous assistons à une série de pesées et d'attaques frontales visant un objectif plus limité : la prise d'Amiens ou, plus exactement, de la voie ferrée de Paris à Amiens. Dans le secteur tenu par nos alliés anglais, l'effort portera directement sur les avancées d'Amiens, et plus particulièrement sur Villers-Bretonneux, qui est, en quelque sorte, la clef de cette ville. Dans le secteur que nous gardons plus au sud, ce seront des tentatives incessantes pour s'élever, entre l'Avre et la Noye, vers la ligne de faîte d'où l'on pourra dominer la voie convoitée.

Tenu en échec par nous le 30 mars, dans son nouvel assaut entre Montdidier et Noyon, l'ennemi attaqua le 4 avril avec quinze divisions, entre Grivesnes jusqu'au sud de la route d'Amiens à Roye, soit un front d'une quinzaine de kilomètres. Le combat se poursuivit toute la nuit. Les Allemands avaient réussi à s'emparer de Mailly-Raineval et avaient même fait des progrès inquiétants à l'ouest de cette localité, en s'installant au bois de l'Arrière-Cour. Mais nos contre-attaques les en délogèrent le jour suivant. Les Anglais, eux, étaient légèrement refoulés sur Villers-Bretonneux et perdaient un terrain assez précieux du côté de Hamel, petite localité située immédiatement au sud de la Somme, sur la grande route d'Amiens à Péronne.

GÉNÉRAL FAYOLLE

Commandant un groupe d'armées en Picardie.

Cependant, à proportion de l'effort donné, les résultats étaient minces, et si l'ennemi pouvait marquer à son avantage la mise hors d'affaire de toute une armée anglaise, la 5e armée, et l'obligation où il nous avait mis de relever nos alliés sur soixante kilomètres de front, il devait, par contre, s'avouer complètement incapable d'arriver à ses fins.

Aussi se retourne-t-il. Le 6 avril, il presse le saillant que nous continuions à tenir sur la rive gauche de l'Oise, le long du front Abbecourt-Amigny (sud de Chauny), Barisis, et nous force à nous replier sur Manicamp, la rive droite du canal de l'Oise et Champs.

De plus, dix jours lui ont suffi pour mettre au point une nouvelle offensive qui, comme la première, procédera par surprise, contre un des secteurs vitaux du front britannique, celui des Flandres.

Lorsque, le 9 avril, après un intense bombardement, qui s'étendit du canal de la Bassée jusqu'au sud d'Armentières, les Allemands passèrent à l'attaque sur un front d'abord limité à quinze kilomètres, les lignes britanniques traversaient la grande route d'Armentières à Lille, passaient à l'est de Bois-

GÉNÉRAL DEBENEY

Commandant la troisième armée française.

GÉNÉRAL HUMBERT

Commandant la première armée française.

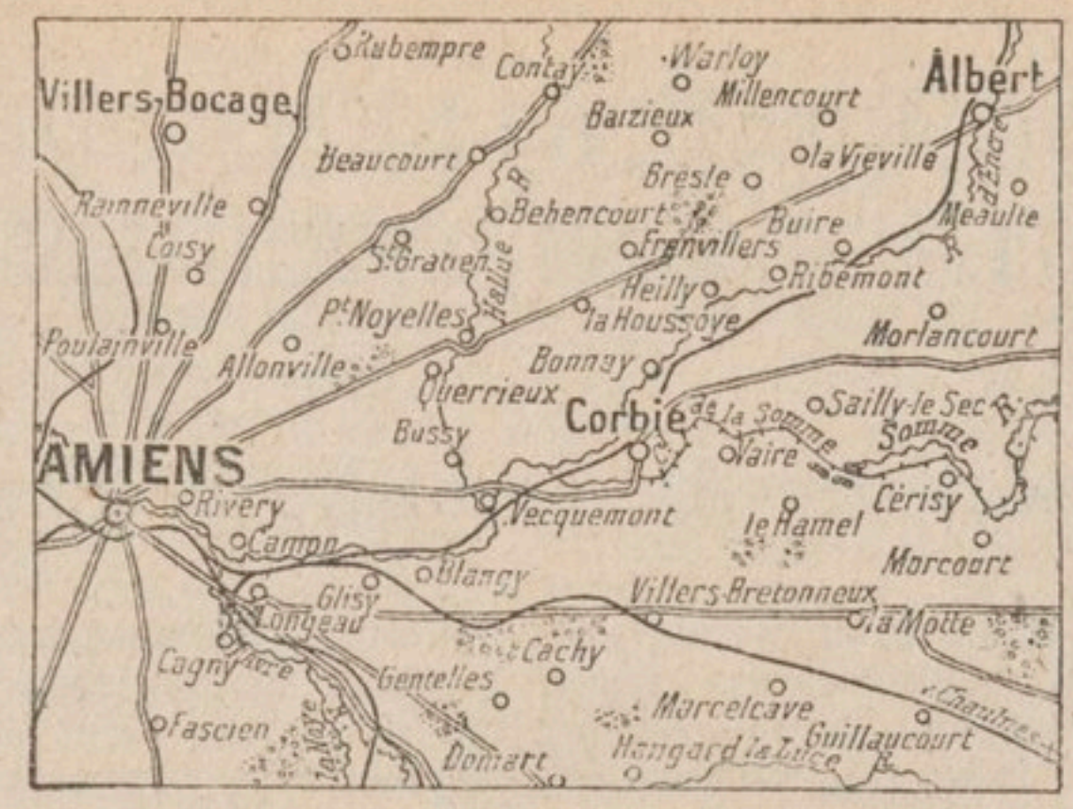
Grenier, laissaient Fromelles à l'ennemi, englobaient Fauquissart, se défilaient devant Neuve-Chapelle, croisaient la route d'Estaires à la Bassée, passaient au large de Richebourg-St-Vaast, à travers Richebourg-l'Avoué et atteignaient le canal à deux kilomètres environ de la Bassée.

Favorisées par une brume épaisse, les troupes d'assaut allemandes repoussèrent devant elles les troupes portugaises, qui occupaient le centre du front d'attaque. L'aile gauche anglaise, elle aussi, dut reculer jusqu'à la Lys, entre Estaires et Bac-Saint-Maur. Fleurbaix, à cette aile, résiste, et mieux encore, à l'autre aile, Givenchy, au sud-ouest de la Bassée. Par contre, Richebourg-Saint-Vaast et Laventie, malgré notre résistance, tombent aux mains de l'ennemi.

Celui-ci, dès le lendemain, élargit son champ d'opération vers le nord jusqu'au canal Ypres-Comines. De puissants assauts forcent nos alliés, au nord d'Armentières, à se retirer de la ligne Wytschaete, hauteur de Messines, Ploegstert, et il leur faut même contre-attaquer pour rentrer en possession de Messines. D'autre part, les Allemands parviennent à passer la Lys à l'est d'Estaires et du côté de Bac-Saint-Maur, si bien qu'Armentières est franchement débordé. Seul le secteur de Givenchy tient bon, grâce à l'héroïsme de la 55e division britannique, qui, dans une série de contre-attaques irrésistibles, reprend sans se lasser le terrain violemment disputé et fait même plusieurs centaines de prisonniers.

Le jour suivant, les bulletins allemands annoncent la prise d'Armentières ; ils rapportent que les troupes des généraux von Stetten et von Gallwitz, après avoir eu raison des contre-attaques de la 51e division britannique, ont rejeté nos alliés d'abord vers Steenwerk, puis dans la direction de Bailleul et de Merville, qui a été pris ; sur la rive sud de la Lys, les troupes du général von Bernhardi ont forcé le passage de la Lawe et sont arrivées à l'alignement de Merville, ce qui est assez inquiétant.

Dans la nuit du 11, c'est la ligne au nord d'Armentières, avec Ploegstert et Messines



LA RÉGION ENTRE ALBERT ET AMIENS

GÉNÉRAL BIRDWORD

Commandant en chef les troupes australiennes.

qui fléchit, ce qui permet aux Allemands de se porter jusqu'à Neuve-Eglise et Wulwerghem. Comme, d'autre part, après avoir franchi la Lawe, les troupes du général von Bernhardi avaient gagné Neuf-Berquin et de là Gorgue, en faisant leur jonction avec celles du général von Carlowitz, Bailleul se trouvait très sérieusement menacé dès le 12. Seules les positions du sud, c'est-à-dire celles qui couvraient Béthune et ses charbonnages, continuaient à offrir une grande résistance.

Le 13, la ténacité anglaise s'affirme avec un certain succès puisque déjà les progrès de l'adversaire se ralentissent ; les jours suivants, elle s'accentue encore montrant que l'unité de commandement, qui vient d'être réalisée — le général Foch vient d'être nommé commandant en chef des armées alliées en France — n'est pas une vaine apparence et que la mesure était urgente.

Mais, fixé sur la ligne Wytschaete - Wulwerghem - Neuve-Eglise-Bailleul-Meteren-Vieux-Berquin, l'ennemi ne se laisse pas rebuter par trois journées d'échecs sanglants. Dans la soirée du 15, les meilleures de ses troupes de choc réussissent, après une lutte acharnée, à enlever les hauteurs à l'est et au sud de Bailleul, le Ravensberg et le mont de Lille. La ville, en ruines, était évacuée par nos alliés. Le 16, les Allemands donnaient l'assaut à Wytschaete et Saint-Eloi et s'en emparaient finalement.

Vainement les Britanniques contre-attaquèrent pour rentrer en possession de ces deux localités. Un instant, ils s'en rendirent maîtres, mais ne purent s'y maintenir. Dans ces conditions, il était urgent de rectifier les positions plus au nord, celles du saillant d'Ypres. Nos alliés abandonnèrent donc Passchendaele, Zonnebeke, Zillebeke pour revenir à l'ancienne ligne qui suit le canal de l'Yser. L'adversaire voulut profiter de ce repli volontaire pour entamer les lignes belges. Bien mal lui en prit. Un instant surpris, nos alliés réagirent vigoureusement et infligèrent aux Allemands une véritable défaite.

Sur le reste du champ de bataille, Français et Anglais — le communiqué britannique

Gl SIXT VON ARNIM
Commandant une armée allemande en Belgique.

GÉNÉRAL VON GALLWITZ
Commandant une armée ennemie dans les Flandres.

du 17 parle pour la première fois, de la coopération de nos troupes dans les Flandres —repoussaient des assauts furieux de l'ennemi, et les Britanniques avaient même un moment réussi à reprendre le village de Meteren qui leur avait été enlevé la veille.

En somme, si les Allemands sont arrivés à dix kilomètres d'Hazebrouck, tous leurs efforts jusqu'ici pour exploiter leurs premiers gains se heurtent à des difficultés de terrain presque insurmontables. Au sud la plaine leur est barrée par la forêt de Nieppe, au nord, ce sont les collines de Flandres qu'il faudrait enlever pour progresser. Nous avons vu qu'ils avaient essayé de tourner l'obstacle en attaquant le front belge au nord d'Ypres ; c'était, en cas de réussite, la marche sur Poperinghe et l'enveloppement de l'aile droite de la 2e armée anglaise. Mais ce fut un échec caractérisé puisque six bataillons belges non seulement tinrent tête à onze bataillons allemands, mais, de plus, passant à la contre-attaque, firent 800 prisonniers.

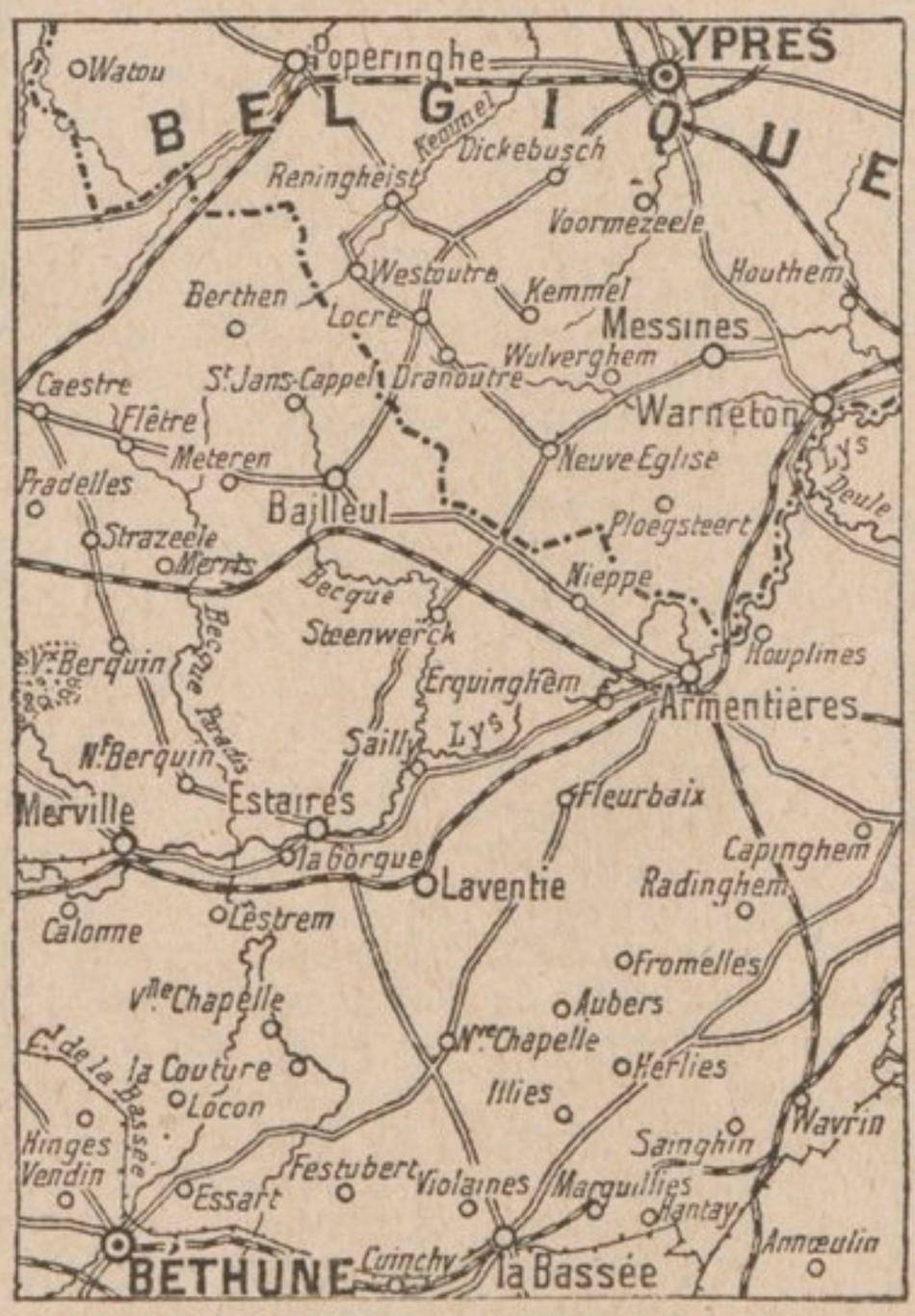
Il fallait donc tenter d'enlever ces hauteurs par une attaque de front. Ce groupe de collines comprend, d'est en ouest : le mont Kemmel, haut de 162 mètres, qui s'élève immédiatement en arrière de la route d'Ypres à Armentières ; le mont Rouge (140 mètres), le mont Vidaigne (140 mètres), le mont Noir (131 mètres), enfin, le mont des Cats (158 mètres), ces deux derniers situés en France, alors que les précédents se trouvent sur le territoire belge.

Dès le 19 avril, les Allemands font des préparatifs pour attaquer le mont Kemmel. Des divisions fraîches sont amenées dans ce secteur, une formidable artillerie pilonne le mont et les collines voisines, harcèle les arrières ; enfin, le 25 avril, à 3 h. 30 du matin, commence la canonnade préparatoire ; elle sera courte, mais d'une violence infernale. A 7 heures du matin, les troupes de choc s'élancent à l'assaut, de Wytschaete à Dranoutre, soit une dizaine de kilomètres. Le corps alpin allemand, très réputé, a pour objectif le Kemmel, la quatrième division bavaroise doit s'emparer de Dranoutre.

Les nôtres opposent aux assaillants une résistance acharnée, mais, arrivés depuis peu, ils n'ont pas eu le temps d'achever leur organisation ; dans ces conditions il leur était impossible d'empêcher l'ennemi d'atteindre, petit à petit, ses objectifs, mais au prix de très lourds sacrifices. Dans l'après-midi, le mont Kemmel est encerclé, mais ce n'est que le soir que l'ennemi parvient à avoir complètement raison de ses héroïques défenseurs.

Sixt von Arnim ne pouvait qu'être mis en goût par ce succès réel qui, dans une certaine mesure, compromettait notre système de défense. Il résolut donc de poursuivre méthodiquement la conquête des monts, son nouvel objectif étant le Scherpenberg et le village de Locre.

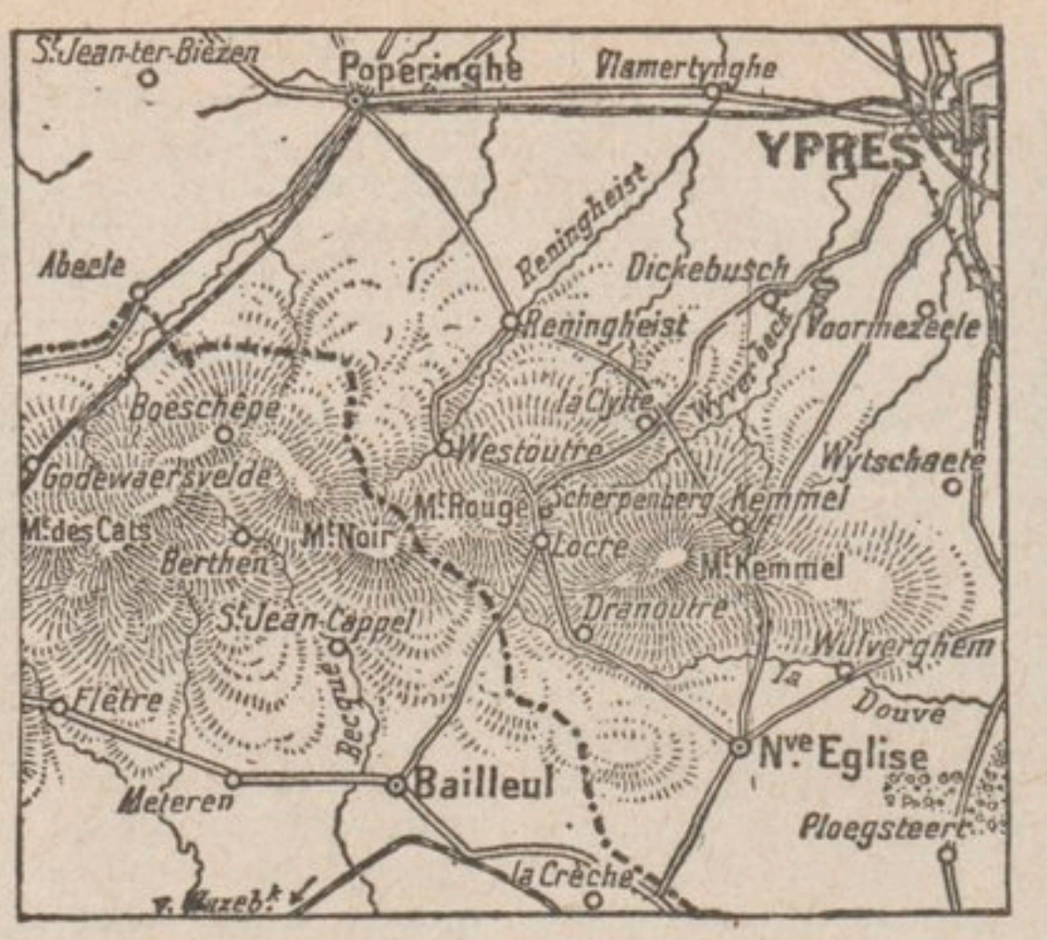
Le bombardement formidable commencé le 28 au soir se fera plus violent encore vers 3 heures du matin. De mémoire de combattant, on n'avait vu pareille pluie de fer. Et cependant, elle se révèle inefficace. Lorsque les Allemands partirent à l'assaut vers 7 heures du matin, ils purent bien progresser de deux



LE TRIANGLE BAILLEUL-ARMENTIÈRES, BÉTHUNE, THÉATRE DE SANGLANTS COMBATS

à trois cents mètres, mais, à partir de là, les feux de barrage, les tirs des mitrailleuses les clouèrent sur place ou les mirent en fuite désordonnée.

Sur la gauche, cependant, des éléments ennemis avaient réussi à se glisser dans Locre; le jour suivant, nos contre-attaques les délogèrent du village et de l'hospice situé plus au sud. Sur la partie du front tenu par nos alliés anglais, l'ennemi ne fut pas plus heureux, et cette défaite sanglante dut lui être d'autant plus sensible qu'elle lui coûta la plus grande partie de son corps alpin, qui venait de se distinguer brillamment au Kemmel.



LE MONT KEMMEL ET LE MONT-ROUGE

Pendant le mois de mai, les Allemands tentèrent bien encore de revenir à la charge en Flandre, mais la plupart de leurs opérations, d'ailleurs espacées, furent où brisées dans l'œuf par le tir d'artillerie conjugué des Français et des Anglais, ou annulées par des retours offensifs, comme dans l'affaire dite de Dikebusch, des 9, 10 et 11.

Quand nous aurons noté que nos adversaires ont, une fois de plus, entre deux phases de la bataille des Flandres, fait un violent effort contre Amiens, — le 24 avril, ils s'emparaient de Villers-Bretonneux qu'ils reperdaient le jour suivant, — nous aurons tout dit sur ce front.

Les nouvelles offensives ennemies

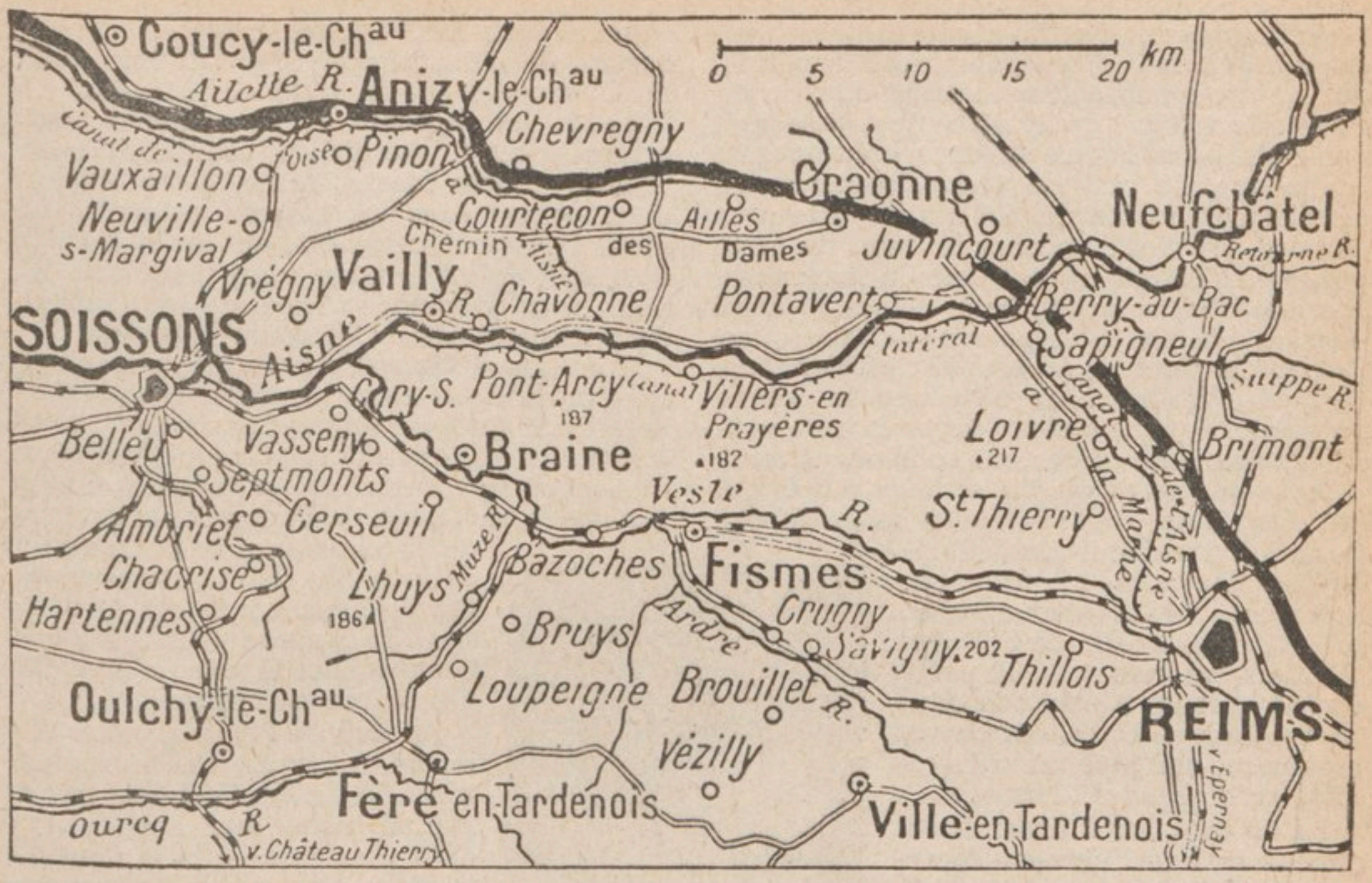
La troisième offensive allemande, prévue pour le commencement de mai, ne s'est déclenchée qu'à la fin du même mois. On avait de solides raisons de croire qu'elle aurait, derechef, Amiens pour objectif, et que, par conséquent, elle affecterait une large partie des secteurs nord; or, c'est sur l'Ailette et l'Aisne que nos adversaires ont attaqué et de cette nouvelle surprise, ils ont retiré, sinon tous les effets possibles, du moins des bénéfices considérables.

GÉNÉRAL DE MITRY

On nous a dit que les huit ou dix divisions françaises et anglaises chargées de la garde du Chemin des Dames ont été tout de suite accablées par la masse de vingt divisions allemandes opérant en première ligne, alors que quatorze autres étaient échelonnées en soutien. Or il semble, d'après le dispositif publiés par nos ennemis, qu'ils n'aient pas engagé plus de douze ou treize divisions le premier jour sur les cinquante kilomètres de la zone d'attaque comprise entre la forêt de Pinon et le fort de Brimont. C'est l'armée von Bœhme, appuyée du côté de Reims par l'aile droite de l'armée Fritz von Below, qui, le 27 mai, attaqua nos positions du Chemin des Dames et celles qui leur font suite jusqu'à l'ouest de Reims.

Le bombardement, commencé à trois heures et demie, se poursuivit avec une violence inouïe pendant deux heures. Noyées sous une avalanche de gaz toxiques, les premières lignes françaises et britanniques, d'ailleurs faiblement tenues, n'opposèrent que peu de résistance. Quant aux divisions qui étaient au repos dans ce secteur, il semble qu'elles n'aient pas eu le temps de faire beaucoup mieux. Toujours est-il, qu'après avoir pris le Chemin des Dames à revers, au sud de Craonne, enveloppé la droite française et la gauche anglaise, s'être infiltrées un peu partout, les troupes allemandes, sauf sur quelques points, comme à la Malmaison, par exemple, ne trouvaient

GÉNÉRAL PELLÉ



FRONT DE DÉPART DE L'OFFENSIVE ALLEMANDE DU 27 MAI

pas d'opposition sérieuse au centre de la zone d'attaque et que, dans la nuit même du 27 au 28, elles franchissaient l'Aisne entre Vailly et Berry-au-Bac, sur une étendue d'une vingtaine de kilomètres. Et les ponts, demandera-t-on, pourquoi ne les a-t-on pas fait sauter? Parce que la rapidité de mouvement de l'ennemi lui permit de bénéficier jusqu'au bout des effets de la surprise initiale. Les charges d'explosifs étaient prêtes, mais on n'eut pas le temps de les faire partir.

Fort heureusement que les choses n'allèrent pas du même train partout. Déjà la résistance était plus sérieuse à l'aile tenue par les Anglais (25e, 50e, 8e et 21e divisions) et ce n'est que progressivement, après avoir perdu Berry-au-Bac et Berméricourt et repassé le canal latéral à l'Aisne, qu'au deuxième jour de la bataille, nos alliés furent refoulés sur les hauteurs de Saint-Thierry. A l'autre aile, les Allemands avançaient moins facilement encore. Le corps d'armée du général von Larisch dut combattre avec acharnement pour enlever aux nôtres les hauteurs de Terny-Sorny et celles de Laffaux. Les troupes du général Wychura avaient presque autant de peine à enlever le plateau de Condé.

Déjà, au deuxième jour, le centre de l'armée assaillante, composée des corps des généraux von Winkler, von Conta et von Schmatter, avaient passé la Vesle et s'était emparé de Braine et de Fismes, que son aile droite était encore retenue devant Soissons. Cependant, dans la soirée du 29, sous la pression de plus en plus forte de l'ennemi, et après de sanglants combats de rues, nos troupes évacuaient la ville, mais en conservaient la lisière ouest, empêchant l'adversaire furieux d'en déboucher.

Ce jour-là, également, les troupes qui couvrent Reims sont forcées de se replier derrière le canal de l'Aisne, au nord-ouest de la ville qui, désormais, est aux trois quarts encerclée. N'empêche que les régions de Soissons

GÉNÉRAL VON HUTIER
Commandant l'armée allemande de l'Oise.

GÉNÉRAL VON BŒHME
Commandant l'armée allemande de l'Aisne.

et de Reims vont être les pivots de notre système de défense. Entre les deux, les Allemands, qui ne trouvent encore devant eux qu'un rideau de troupes précipitamment envoyées par les armées les plus voisines, creusent une poche qui, de plus en plus, s'allongera en direction de la Marne. Ce qui importe tout d'abord, c'est d'empêcher la base de cette poche de s'élargir ; c'est dans la mesure du possible d'en comprimer les flancs ; aussi bien les Allemands ne pourront-ils pas, pour peu que les deux charnières de notre système tiennent, se hasarder à passer la Marne autrement que pour en longer la rive sud. Et les deux charnières ont solidement tenu.

Nous ne savons quelles sont les unités qui ont combattu sous Soissons, mais en disputant à l'ennemi, pendant de longues journées, la route de Soissons à Château-Thierry, en lui interdisant celle de Soissons à Villers-Coterets qui eût porté rapidement les Allemands dans la direction de Paris, ces braves régiments ont joué un rôle capital qu'enregistre l'Histoire.

Le 30 mai, les Allemands occupent la ligne Fère-en-Tardenois, mais le flanc qui remonte vers Reims tient bon, et sur l'autre flanc, nos troupes restent accrochées aux débouchés ouest de Soissons, et, plus au sud, se maintiennent énergiquement sur la rive gauche d'un petit affluent de l'Aisne, la Crise.

Au sixième jour de l'offensive, l'ennemi commence à bien dessiner ses intentions. Au sud de l'Ourcq, il a atteint Neuilly-Saint-Front, en même temps que ses éléments légers patrouillent au nord de la Marne. Cela va être, désormais, une pression dans la direction ouest, une tentative pour se constituer un front face à la forêt de Villers-Cotterets, c'est-à-dire face à Paris. Mais comme il sera impossible d'obtenir des résultats décisifs en marchant par un côté seulement sur la capitale, l'ennemi va essayer d'une autre poussée par le nord. Nos troupes, entre Oise et Aisne, se dérobent et se replient sur la ligne Blerancourt et Epegny, et, le jour suivant, nous rectifions encore pour tenir finalement sur la ligne de collines allant du bois de Carlepont à Fontenoy, en passant par le mont de Choisy, au sud des Cats.

A partir du 1er juin, l'effort ennemi s'intensifie sur toute l'étendue du champ de bataille. mais déjà nous ne cédons plus le terrain que pas à pas. Les Allemands s'emparent de la ligne Chouy, Neuilly-Saint-Front, bordent la Marne de Verneuil aux lisières de Château-Thierry, mais une nouvelle tentative de leur part pour tourner par l'est nos positions de Reims échoue piteusement au fort de la Pompelle, encore que, comme dans toutes leurs opérations précédentes, elle eût été appuyée par de nombreux tanks amenés sur le front de bataille.

Le 2, les combats se poursuivent avec acharnement depuis l'Oise jusqu'à Château-Thierry. Entre Oise et Aisne, notre barrage tient contre tous les assauts ennemis. Le mont Choisy, notamment, qui est le théâtre de luttes épiques, nous reste finalement et nous nous y maintiendrons encore, malgré de nouveaux chocs les jours suivants.

Tout aussi violent est l'effort ennemi le long de la ligne de la Savières, le fossé qui précède la forêt de Villers-Cotterets. Cela va être maintenant pendant trois jours une série d'engagements forcenés pour la possession de Longpont, de Corcy, de Faverolles et surtout de Troesnes, qui barre la route de la vallée de l'Ourcq, vers la Ferté-Milon. Les 1re et 2e divisions de la garde prussienne ont beau donner là, elles n'arrivent pas à forcer l'obstacle.

GÉNÉRAL GARIBALDI

Commandant les troupes italiennes qui combattent en France.

Au sud de l'Ourcq, où les Allemands tentent de tourner la forêt de Villers-Cotterets par le sud, il nous faut réagir pendant plusieurs jours le long de la ligne Chezy-Veuilly-la-Poterie-Torcy-Bouresches. En même temps, il nous faut contenir l'ennemi dans la région de Château-Thierry. Maîtres de la partie nord de la ville, il tente de se répandre à l'ouest et de passer la Marne. Grâce à l'héroïsme de nos troupes, secondées par les Américains, nous neutralisons la ville et forçons les détachements allemands qui avaient pu prendre pied sur la rive sud de la Marne, à la repasser.

Les Américains déploient une valeur incomparable dans la défense de la région de Veuilly-la-Poterie, et, après avoir commencé à arrêter les progrès des Allemands dans ce secteur, ils leur enlèvent un grand nombre de points d'appui qu'ils y tenaient.

La situation, en somme, est stabilisée dès le 7 juin sur ce front, et les opérations de détail dont nous prenons, dès lors, l'initiative, nous sont entièrement favorables.

L'ennemi est complètement arrêté, et il se rend compte que sa puissante offensive du 27 mai ne peut plus atteindre son but.

S'il veut poursuivre son dessein, il lui faudra préalablement relier les deux poches que ses lignes dessinent autour de la région parisienne, la poche de Montdidier et celle de l'Aisne, il lui faudra constituer un front rectiligne : Montdidier-Villers-Cotterets-Château-Thierry. C'est à quoi tendra l'offensive qu'il déclancha le 9 juin entre Montdidier et Noyon, offensive qui, comme les précédentes, subissait un temps d'arrêt quelques jours plus tard, grâce à notre résistance acharnée.

SUR LES THÉATRES SECONDAIRES DES OPÉRATIONS

Les Italiens contiennent l'offensive autrichienne.

L'ACTIVITÉ combative des deux partis en présence s'est maintenue sur le front italien jusqu'à l'offensive du 15 juin.

Dans le Vallarsa, au sud d'Asiago, pendant la nuit du 9 au 10 avril, les détachements italiens d'infanterie et de troupes d'assaut, après une lutte très vive, menée avec une grande ardeur, enlevèrent à l'ennemi la position puissamment fortifiée du mont Corno. Les Autrichiens perdirent plus de cent prisonniers, deux canons, quatre mitrailleuses et une quantité assez considérable de matériel.

L'aviation alliée a continué sur ce front à détruire régulièrement nombre d'avions, de dirigeables et de ballons d'observation.

Le front demeura assez agité, mais ne fut le théâtre d'aucune action sérieuse jusqu'au 25 mai. A cette date, les alpins italiens entamèrent dans la région du Tonale (Trentin), sur un terrain rendu difficile par la glace et par la résistance acharnée de l'ennemi, une série d'opérations qui se continuèrent pendant trois journées consécutives. Nos alliés enlevèrent successivement les cîmes du Zigolone, de Presena et de Sassa di Monticello (2.500 à 3.050 mètres).

LA RÉGION DU MONTE-CORNO

Les Italiens firent 870 prisonniers dont 14 officiers et prirent une certaine quantité de pièces d'artillerie. En même temps, l'ennemi attaquait sans succès les positions du mont Corno, occupées depuis le début d'avril.

Pendant la nuit du 26 au 27 mai, des détachements de liaison, opérant avec l'artillerie et avec des sections de lance-flammes, attaquaient les postes autrichiens qui se trouvaient devant le secteur nord de la tête de pont de Capo Sile. Le résultat de l'opération fut la capture de 440 prisonniers dont 7 officiers. Enfin, le 15 juin, les Autrichiens déclenchaient une formidable offensive, d'Asiago à l'Adriatique, sur un front de 150 kilomètres ; nos alliés les contenaient magnifiquement.

Macédoine, Palestine et Mésopotamie.

EN Macédoine, l'armée alliée, commandée par le général Guillaumat, renforcée moralement et matériellement par l'appoint de l'armée grecque, dont la mobilisation se complète sans à-coup, a fait preuve d'une grande activité. Sans parler de l'aviation, qui a reconnu et bombardé sans arrêt les lignes et l'arrière bulgares, la droite britannique a opéré des raids vigoureux au delà de la Strouma. A l'extrême aile gauche, dans la direction de Goritza, une colonne française et une colonne italienne ont, les 15, 16 et 17 mai, réalisé une avance d'une vingtaine de kilomètres, réduisant un saillant que formaient dans nos lignes les positions ennemies dans le massif montagneux situé au sud du lac d'Ochrida. Le front allié était porté sur une ligne plus avantageuse, jalonnée par les localités de Protopapa et de Cerevoda.

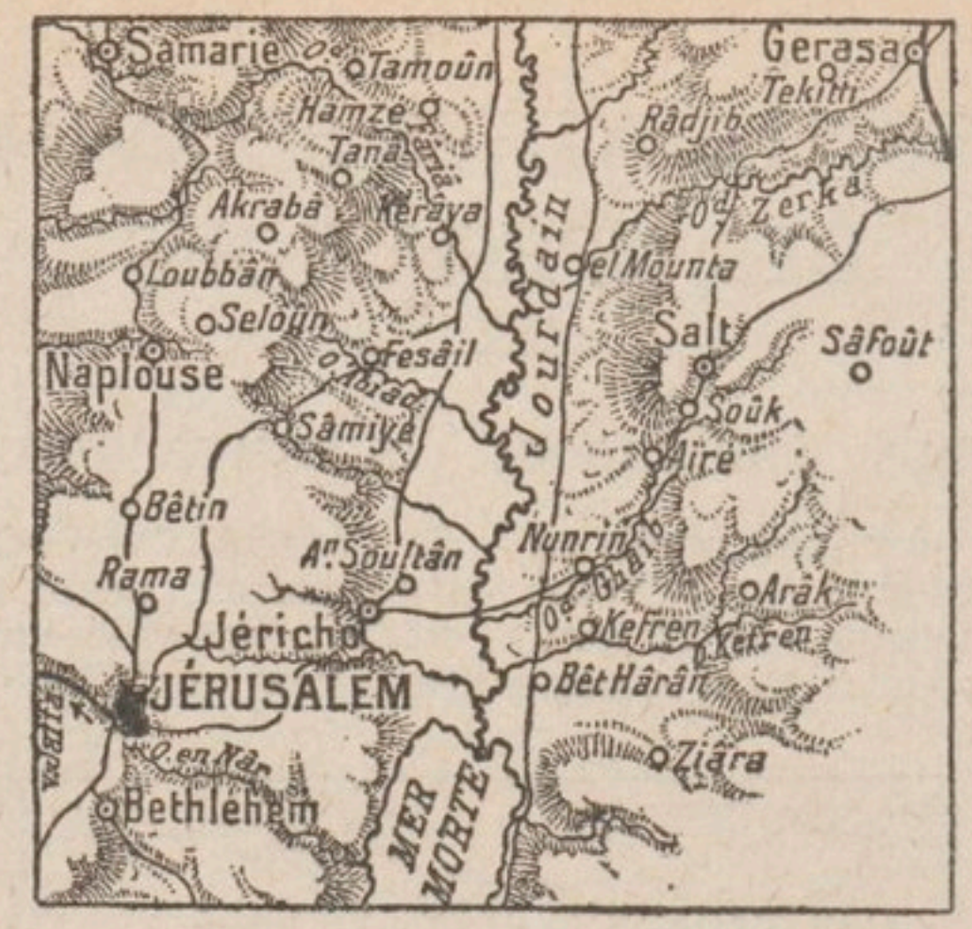
Le 30 mai, dans le secteur de Guevgheli, les lignes bulgares furent attaquées par les troupes grecques sur un front de 14 kilomètres et emportées sur une profondeur de 2.000 à 3.000 mètres. Ce fut un magnifique succès. Nos alliés hellènes firent 1.800 prisonniers, dont 50 officiers, et s'emparèrent d'un matériel de guerre considérable.

En Palestine, les éléments avancés de la droite britannique se sont un instant portés au delà de la rive gauche du Jourdain, où, le 2 mai, ils ont occupé Es Salt. Mais au bout de quelques jours, de forts contingents turcs

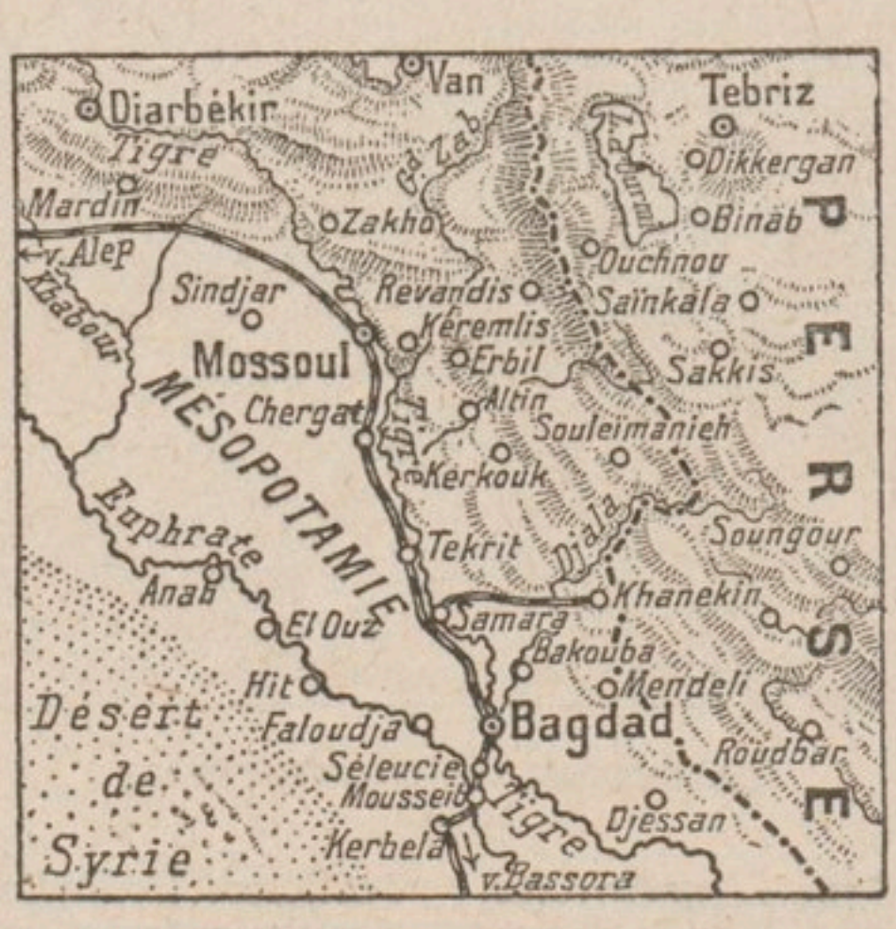
ayant paru, cette position un peu excentrique dut être abandonnée et les postes anglais se replièrent jusqu'à l'extrémité nord de la mer Morte. Au sud-est, les Arabes, commandés par le roi du Hedjaz, continuent leur intéressante campagne, encerclant toujours Médine et occupant les stations du chemin de fer du Hedjaz, jusque dans la région à l'est de la mer Morte.

En Mésopotamie, les troupes du général Marshall, qui avaient auparavant progressé le long de l'Euphrate, ont, cette fois, avancé par la droite, dans la vallée du Tigre. Les lignes avaient été déjà portées jusqu'à Tekrit. Bousculant quelques éléments turcs de peu d'importance, une colonne d'extrême droite, partie de la vallée de la Djala, après avoir atteint Kifri, a, dans un raid rapide, suivi la route des caravanes vers Mossoul, occupant successivement Tus Churmati, Dakouk et Kerkouk, qui n'est plus qu'à 140 kilomètres de la grande ville ottomane.

Ne signalons que pour mémoire une information de Constantinople relatant la reprise de Khan Bagdadié (sur l'Euphrate, à 138 kilomètres de Bagdad) par les Turcs. Aucun communiqué britannique n'est venu confirmer cette nouvelle. Les renforts ottomans paraissent avoir été entièrement absorbés, d'abord par la reprise de l'Arménie, si glorieusement conquise en 1915 et dont les bolcheviks ont, en 1918, signé sans protestations l'abandon complet. Non contents de restituer sans combats les conquêtes du grand-duc Nicolas, Erzindjan, Trébizonde, Erzeroum, le traité reconnaissait à la Porte les territoires russes d'Ardahan et de Batoum. Toutefois, pour l'occupation de ces différents points, les Turcs se sont heurtés à la résistance des montagnards du Caucase, Arméniens et Géorgiens. Ils ont, par contre, pour eux, les habitants musulmans du pays. On les dit même parvenus, dans leur pénétration à travers l'Azerbeidjan persan, jusqu'à Bakou, sur la mer Caspienne. Ils s'empareraient ainsi de la région pétrolifère, pour le compte de leurs amis les Allemands, installés à Odessa et à Sébastopol. Assurés désormais de l'impunité, les Turcs ont poursuivi l'extermination des populations chrétiennes de l'empire Ottoman, notamment des Arméniens, dont plusieurs milliers ont été massacrés par les soldats.



LE JOURDAIN A L'EST DE JÉRUSALEM



LA VALLÉE DU TIGRE

La mainmise des Allemands sur la Russie.

Au cours d'avril et de mai, les Allemands ont étendu méthodiquement leur occupation militaire en Russie, cela dans les régions qu'ils s'étaient, par le texte même du traité de Brest-Litowsk, interdit d'atteindre, ou qu'ils s'étaient formellement engagés à évacuer après la paix. Ce sont, au nord, la Livonie, l'Esthonie et la Finlande, au sud, l'Ukraine et la Crimée.

Le 5 avril, les troupes allemandes de l'Ukraine pénétrèrent dans le territoire de Koursk, qui était cependant formellement exclu du territoire de l'Ukraine Le 6 avril, le feld-maréchal von Eichhorn arrive à Kief prendre le commandement des troupes allemandes. Dès lors, les événements vont s'accélérer. Le 1er mai, l'état de siège est proclamé à Kief, plusieurs ministres sont arrêtés, le président Golubovitch est contraint à la retraite. Un ancien général russe, Skoropadsky, est proclamé hetman. L'Allemagne gouvernera sous son nom.

La question d'une intervention japonaise en Sibérie est toujours en suspens. Cependant, le Japon a signé un accord préliminaire avec la Chine prévoyant une action militaire commune et l'emploi éventuel par les troupes japonaises de la voie ferrée de Mandchourie.

LES ÉVÉNEMENTS NAVALS

Ce qui domine les dernières semaines de la guerre navale, le fait qui demeurera fameux dans l'histoire maritime, c'est l'embouteillage des ports d'Ostende et de Zeebrugge. Aucune action ne fut plus retentissante dans les temps anciens, et l'on a pu dire avec raison qu'elle rappelait les meilleurs et les plus beaux exploits des Jean Bart et des Duguay-Trouin, ces prouesses étonnantes pour l'accomplissement desquelles il faut allier, dans d'égales proportions, le courage indomptable, l'audace et l'adresse.

Depuis longtemps, les marines alliées avaient à souffrir des incursions des sous-marins allemands ayant pour base les ports de Zeebrugge et d'Ostende. Il y avait là un double nid de piraterie contre lequel les bombardements maritimes et aériens, en dépit de leur fréquence, ne constituaient qu'un remède insuffisant. On conçut donc le projet de bloquer définitivement les deux ports, et ce fut le but de l'extraordinaire expédition du 23 avril dernier.

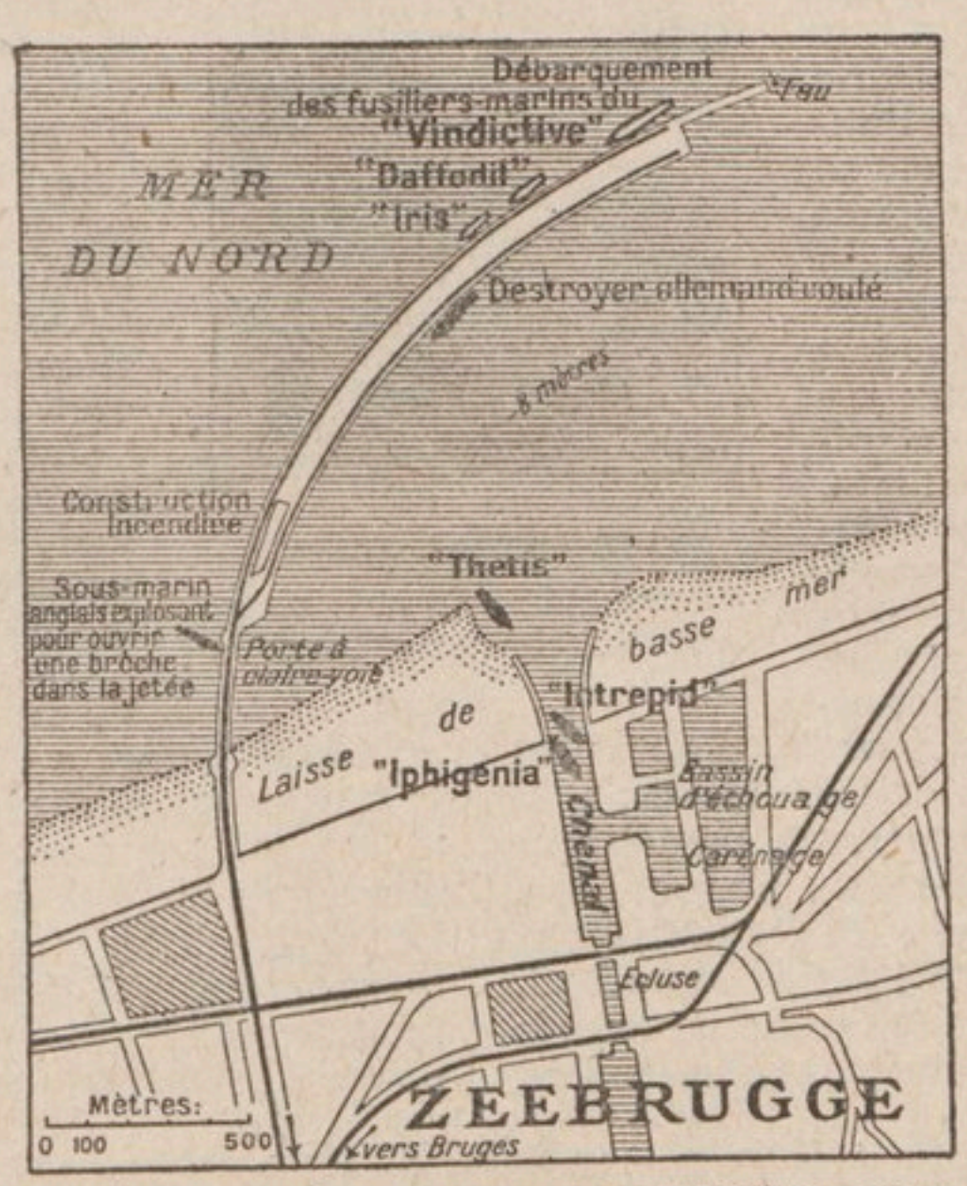


SCHÉMA DE L'ATTAQUE ANGLAISE DU PORT DE ZEEBRUGGE, LE 23 AVRIL 1918

Les dispositions de ce raid aventureux avaient été prises sous la direction du vice-amiral Roger Keyes, commandant à Douvres, et des destroyers français prêtaient leur concours aux forces britanniques. Six vieux croiseurs faisaient partie de l'expédition. Trois d'entre eux, le *Thétis*, l'*Intrépid* et l'*Iphigenia*, étaient remplis de ciment et devaient être coulés, si possible, dans le chenal et à l'entrée des deux ports. Des détachements d'assaut et de démolition, montés sur le *Daffodil* et sur l'*Iris*, devaient également débarquer à Zeebrugge et détruire l'extrémité du môle. Le sixième croiseur, le *Vindictive*, était armé spécialement pour mener à bien cette opération ; il avait également à bord un corps important de débarquement constitué par des marins volontaires de la flotte de guerre.

Des unités légères de Douvres et Harwich assuraient la protection du convoi, qui comprenait, en outre, des embarcations de plus faible tonnage. L'opération n'était pas seulement très compliquée, les détails en étaient réglés à la minute. Une expédition contre une côte ennemie sans feux est toujours dangereuse ; celle-ci était rendue plus périlleuse encore par la présence de champs de mines inconnus. Une des conditions essentielles du succès était l'emploi scientifique de fumées destinées, avec l'aide d'un vent favorable, à masquer comme d'un brouillard, pour les batteries ennemies, les forces assaillantes.

Le plan général était, après avoir soumis Zeebrugge à un bombardement intense par les monitors, de faire avancer le *Vindictive* jusqu'à l'extrémité du môle, de l'attaquer à coups de canon et de débarquer les détachements d'assaut et de démolition. Pendant ce temps, les trois navires chargés de ciment, assistés de chalands remorqués par des vapeurs, devaient gagner l'entrée du canal de Bruges, aller s'y échouer et enfin s'y faire sauter. D'autre part, deux vieux sous-marins chargés d'explosifs, devaient être dirigés contre les piles et la maçonnerie du môle, qu'on devait essayer de détruire complètement, en les faisant également sauter.

AMIRAL SCHRŒDER

Commandant de la base allemande de Zeebrugge.

L'opération à exécuter à Ostende était plus simple : deux autres croiseurs remplis de ciment devaient être jetés à la côte, échoués à l'entrée

du port, où l'on devait les faire sauter, eux aussi. Tel était le programme général

En ce qui concerne Zeebrugge, le but poursuivi fut pleinement atteint. Les détachements d'assaut, débarqués du *Vindictive*, de l'*Iris* et du *Daffodil*, luttèrent avec la plus admirable vaillance et maintinrent leur position le long du môle pendant une heure, où ils causèrent de sérieux dégâts. Leurs objectifs étaient le môle, les troupes ennemies qui y étaient cantonnées, la batterie qui y était établie et enfin l'importante base d'hydravions.

Tout cela fut admirablement opéré ; une grande partie du môle fut détruite, on fit sauter des écluses ; les marins anglais escaladèrent les vaisseaux ennemis dans le port et détruisirent en partie leur artillerie, etc., etc., tandis que les bâtiments sacrifiés étaient coulés dans le canal, dont ils obstruèrent complètement l'entrée. La panique allemande fut indescriptible. Il y eut de part et d'autre un grand nombre de tués et de blessés ; le pont du *Vindictive* fut en partie démoli par les projectiles allemands de gros calibre.

Cependant, à Ostende, l'expédition fut moins heureuse. Contrariée par le brouillard, elle ne réussit qu'à moitié. Les deux navires destinés à obstruer le port furent bien coulés, mais pas absolument au point voulu. De telle sorte qu'il fallut envisager la nécessité d'une seconde opération, malgré l'éveil donné aux Allemands par la première. On choisit, dans ce but, le croiseur *Vindictive*, dont le rôle avait été particulièrement glorieux le 23 avril.

Les autorités navales avaient fait mystérieusement remplir de ciment le vieux croiseur, irrémédiablement condamné par elles, et, dans la nuit du 9 au 10 mai, le temps étant propice, le *Vindictive*, escorté de torpilleurs, de monitors et d'un essaim de chaloupes et d'avions, quittait Douvres et s'acheminait lentement vers la côte belge.

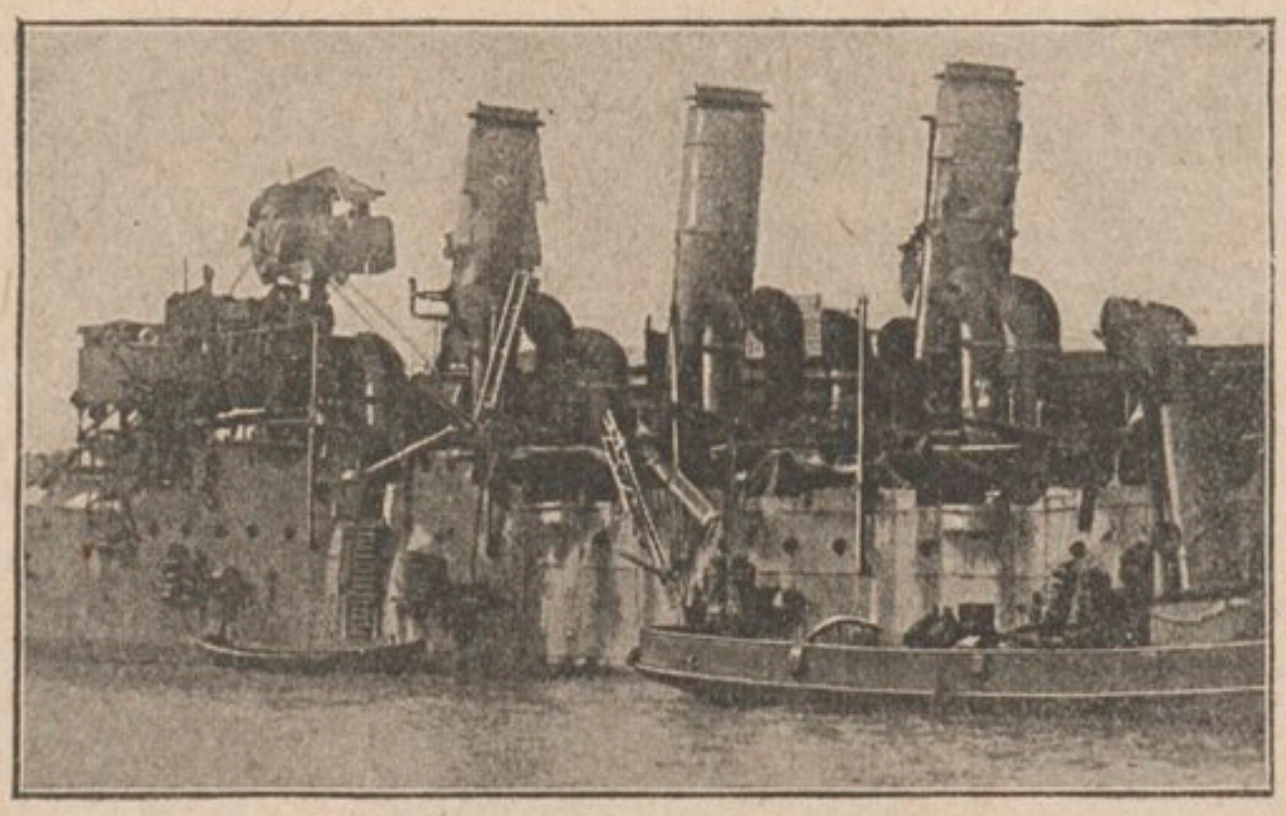
VICE-AMIRAL KEYES

Commandant le raid naval contre Zeebrugge et Ostende.

Parvenue au but de sa course, vers une heure du matin, l'escadre ouvrit sur Ostende une canonnade intense qui se poursuivit pendant près de deux heures et à la faveur de laquelle le *Vindictive* parvint à gagner, puis à contourner l'extrémité du môle. Arrivé dans une position idéale pour bloquer l'entrée du chenal, il ouvrit ses sabords et, sous un feu terrible de toutes les grosses pièces allemandes, se fit couler. L'opération prit environ trois quarts d'heure. Leur œuvre accomplie, les vaillants officiers et marins abandonnèrent leur navire et furent recueillis par les canots automobiles qui les transportèrent à bord d'un croiseur demeuré au large.

Le communiqué de l'Amirauté rendait compte, le 10 mai, dans les termes suivants de cette nouvelle et heureuse expédition britannique :

« L'opération ayant pour but de fermer les ports d'Ostende et de Zeebrugge a été complétée avec succès la nuit dernière ; le vieux croiseur *Vindictive* a, en effet, été coulé entre les jetées et en travers de l'entrée du port d'Ostende. Depuis l'attaque sur Zeebrugge du 23 avril, le *Vindictive* avait été rempli de béton et accommodé comme bateau embouteilleur à cet effet. Nos forces légères ont regagné leur base après avoir perdu un canot automobile qui avait été endommagé ; il fut coulé, par ordre de l'amiral, pour empêcher qu'il ne tombât aux mains de l'ennemi. Nos pertes ne sont pas très fortes. »



LE VIEUX CROISEUR ANGLAIS « VINDICTIVE » TEL QU'IL REVINT DE L'EXPÉDITION DU 23 AVRIL CONTRE ZEEBRUGGE ET SES FORMIDABLES DÉFENSES

L'amiral allemand Schrœder, commandant les bases navales de Zeebrugge et d'Ostende, rendu responsable du double raid anglais, fut appelé au grand quartier général allemand pour fournir des explications, et l'on assure qu'il fut mis à la retraite.

Nous avons dû abréger autant que possible le récit de cette belle affaire. Nous nous bornerons à ajouter que l'activité incessante de l'aviation navale a mis les Allemands dans

l'impossibilité de dégager les deux ports, où de nombreux sous-marins et des bâtiments légers sont immobilisés. M. Lloyd George a tenu à rappeler ces héroïques actions dans son discours du 24 mai, où il a pu constater, par ailleurs, que le danger de la guerre sous-marine, qui paraissait si grave à une certaine heure, était définitivement conjuré.

La Grande-Bretagne a fait preuve, dans sa lutte contre les sous-marins, d'une volonté inlassable et d'une énergie sans égale. Sans se laisser rebuter par les difficultés d'une aussi gigantesque entreprise, des millions de mines ont été placées dans l'étendue de la mer du Nord, où elles constituent de redoutables barrages.

Les deux extrémités de cette mer sont maintenant fermées aux sous-marins autant, du moins, que les lois internationales le permettent. A l'heure actuelle, l'autre extrémité de la mer du Nord est bloquée depuis les côtes anglaises jusqu'à la lisière des eaux norvégiennes, et, désormais, les Allemands devront passer par ces dernières pour faire pénétrer leurs sous-marins dans l'Atlantique. L'Amirauté anglaise ne l'ignore pas et il est probable qu'elle a à sa disposition des moyens de parer au passage de l'ennemi par cette faible trouée.

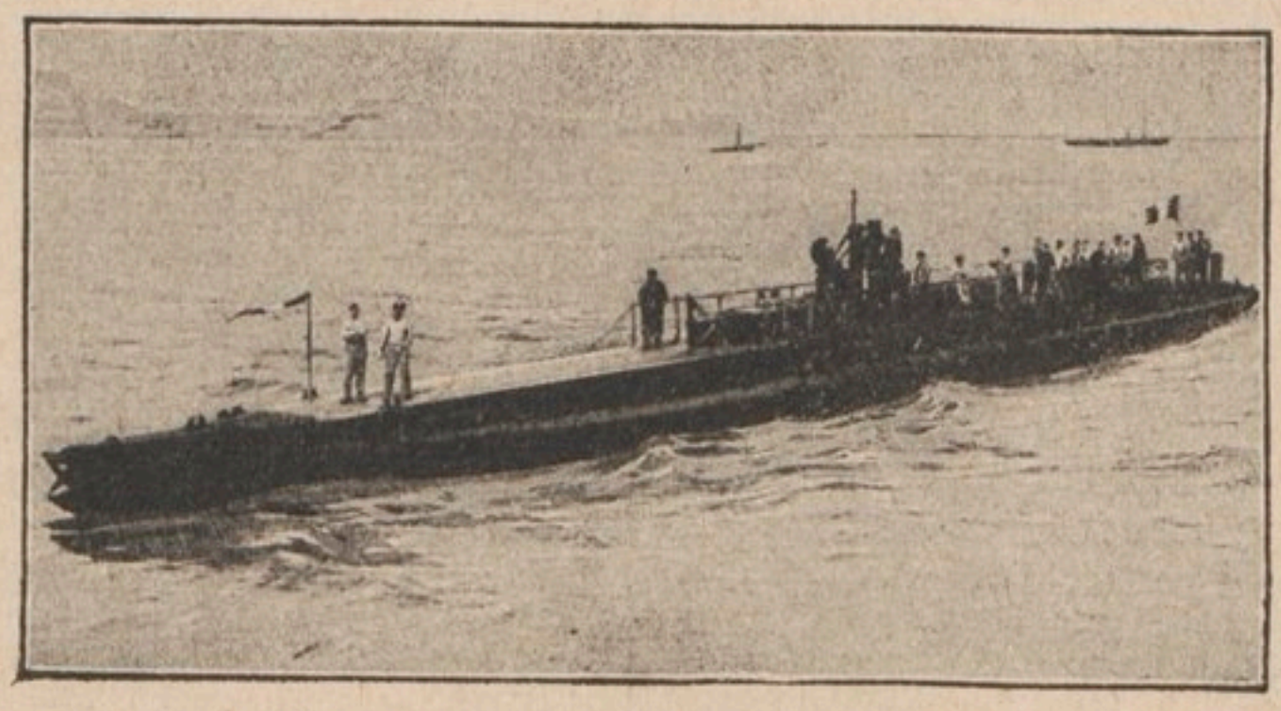
Les chenaux de sortie, que la flotte peut surveiller, sont effroyablement rétrécis et les patrouilles deviennent de plus en plus efficaces. L'Amirauté britannique a donc mené à bien une des plus importantes entreprises de la guerre.

Les faits maritimes ont du reste été peu nombreux. Nous rappellerons seulement que dix chalutiers allemands furent coulés le 15 avril dans le Cattégat, et qu'au cours d'un petit combat dans la baie d'Héligoland, un destroyer ennemi fut endommagé. D'autre part, un croiseur américain coula un sous-marin allemand qui avait essayé de le torpiller... Enfin, nous ne saurions passer sous silence le magnifique exploit du chalutier *Ailly*, du centre patrouilleur de Port-Vendres, commandé par le premier-maître Leroux, qui a coulé un sous-marin allemand et fait prisonniers le capitaine, l'équipage, ainsi que le capitaine d'un voilier espagnol qui se trouvait à bord du sous-marin. Nous avons malheureusement perdu accidentellement le sous-marin *Prairial*, coulé le 23 avril en vue du port du Havre par un grand navire de commerce avec lequel il était entré en collision. La plupart des membres de l'équipage ont été sauvés heureusement.

LE PORT ET LES JETÉES D'OSTENDE

Ce plan montre la position du « Vindictive » après qu'il eut été coulé, chargé de ciment, entre les deux jetées, dans la nuit du 9 au 10 mai 1918.

De son côté, la marine italienne, si brillante dans sa lutte contre les navires autrichiens a réussi un coup de maître en plein port de Pola, où ses torpilleurs parvinrent à pénétrer, au cours de la matinée du 14 mai, et où ils détruisirent un grand cuirassé ennemi, du type *Viribus Unitis*, sous le feu des batteries du port. « Une autre action très hardie, dit à ce sujet une note officielle italienne, fut celle de décembre dernier, lorsqu'un autre de nos torpilleurs, forçant le port commercial de Trieste, y coula le cuirassé *Wien*, de 5.600 tonnes, lancé en 1895. Toutefois, nous n'avions pas encore atteint entièrement notre but, qui consistait à obtenir un succès complet contre un gros na-



LE SOUS-MARIN FRANÇAIS « PRAIRIAL

Coulé à la suite d'un abordage à sa sortie du port du Havre, dans les derniers jours d'avril 1918.

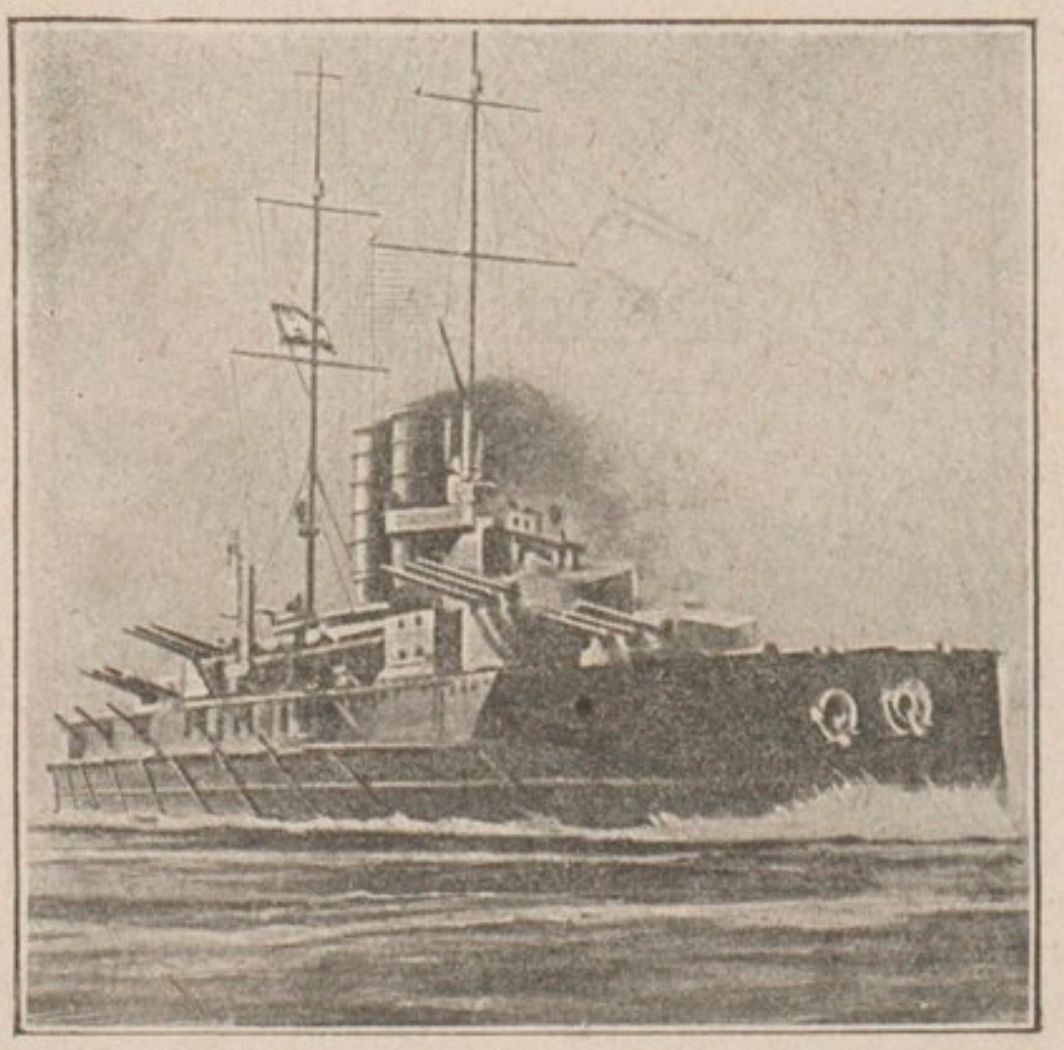
vire. L'Autriche a perdu un de ses navires les plus grands et les plus modernes, dont voici les caractéristiques principales : lancés en 1910 et 1912, les quatre dreadnoughts du type *Viribus Unitis* ont une longueur de 151 mètres, une largeur maximum de 27 m. 30, jaugent 20.000 tonnes, ont une vitesse de 20 milles à l'heure, portent 12 canons de 305, 12 de 152, 18 de 70 et 4 lance-torpilles. »

L'Allemagne, en revanche, a compté peu de succès à son actif. Quand nous aurons cité la destruction de quelques navires espagnols, suédois et norvégiens, l'inoffensif bombardement de la petite île de Castellorizo par un sous-marin, le torpillage du paquebot anglais *Oronsa* et celui d'un croiseur auxiliaire avec lequel périrent quelques soldats américains, nous aurons épuisé la liste de ses exploits criminels.

Nos ennemis n'ont pas davantage à s'enorgueillir du torpillage, le 1er juin, du transport américain *Président-Lincoln*, qui avait amené un fort contingent de troupes en France et retournait à vide aux Etats-Unis, quand il fut surpris par le corsaire.

Par contre, nous avons à mentionner l'internement, dans les ports espagnols, des sous-marins allemands *U*-39 et *U*-56. Le premier se réfugia le 18 mai à Carthagène ; le second gagna Santander le 24. Voici ce qu'on a pu savoir sur l'*U*-39. Etant en service de surveillance à proximité de la côte marocaine, sa présence fut révélée par un hydravion français patrouillant dans le détroit de Gibraltar. L'hydravion ouvrit le feu et lança de nombreuses bombes qui atteignirent le sous-marin. Celui-ci plongea et ne put regagner que difficilement la surface. Il resta quelque temps à la dérive, jusqu'à la rencontre d'un deuxième sous-marin, qui le remorqua jusqu'à Carthagène.

Tel est, en raccourci, le tableau présenté par la guerre navale durant les deux mois qui viennent de s'écouler. Nous ne croyons rien exagérer en disant que l'impuissance germanique sur les mers apparaît désormais comme certaine ; elle a été proclamée par les hommes d'Etat anglais, qui ont affirmé en toute connaissance de cause qu'au cours du mois de mai 1918, l'Allemagne avait perdu deux fois plus de sous-marins que sa capacité de construction lui permettait d'en lancer.



CUIRASSÉ AUTRICHIEN TYPE « VIRIBUS UNITIS »

Torpillé par une force légère italienne dans le port militaire de Pola, dans la matinée du 14 mai 1918.

Cependant, nous ne saurions passer sous silence ce qu'on a nommé, un peu pompeusement, semble-t-il, l'attaque des côtes américaines, dans les premiers jours de juin, par des sous-marins allemands. La présence de ces derniers dans les eaux des Etats-Unis a causé de la surprise, mais, en somme, ce n'était pas la premiere fois que des submersibles traversaient l'Atlantique. Par contre, dans le premier moment, quelques esprits prompts à s'alarmer ont cru qu'il s'agissait d'un blocus en règle, et que nos alliés auraient désormais beaucoup de peine à assurer le transport chez nous des solides contingents qui doivent assurer à l'Entente la supériorité numérique. En Amérique, on n'est pas tombé dans cette erreur, et tout de suite le gouvernement a déclaré que le bluff allemand n'empêcherait rien. Il s'agit bien d'un bluff, en effet, d'une de ces manœuvres dont nos ennemis sont coutumiers, et qu'ils s'imaginent capables d'effrayer, de démoraliser ceux qu'ils combattent. L'exploit du sous-marin envoyé dans les eaux américaines, et qui a consisté à torpiller une quinzaine de petits bâtiments sans défiance et non armés, ne fera pas obstacle au passage d'un seul soldat des Etats-Unis, n'empêchera pas le matériel d'arriver à bon port, ne retardera pas d'une minute la solution de la guerre. Le peuple allemand, à qui l'on n'a pas manqué de présenter le fait comme étant de la plus haute importance, en aura été, une fois encore, pour sa courte joie.

Terminons en reproduisant cette information parue dans les journaux du 11 juin :

« Un télégramme de l'Amirauté américaine dit qu'on n'avait pas appris de nouvelles attaques de navires par des sous-marins depuis mercredi, quand, hier lundi, on annonça que le vapeur américain *Pinar-del-Rio* avait été torpillé et coulé la veille.

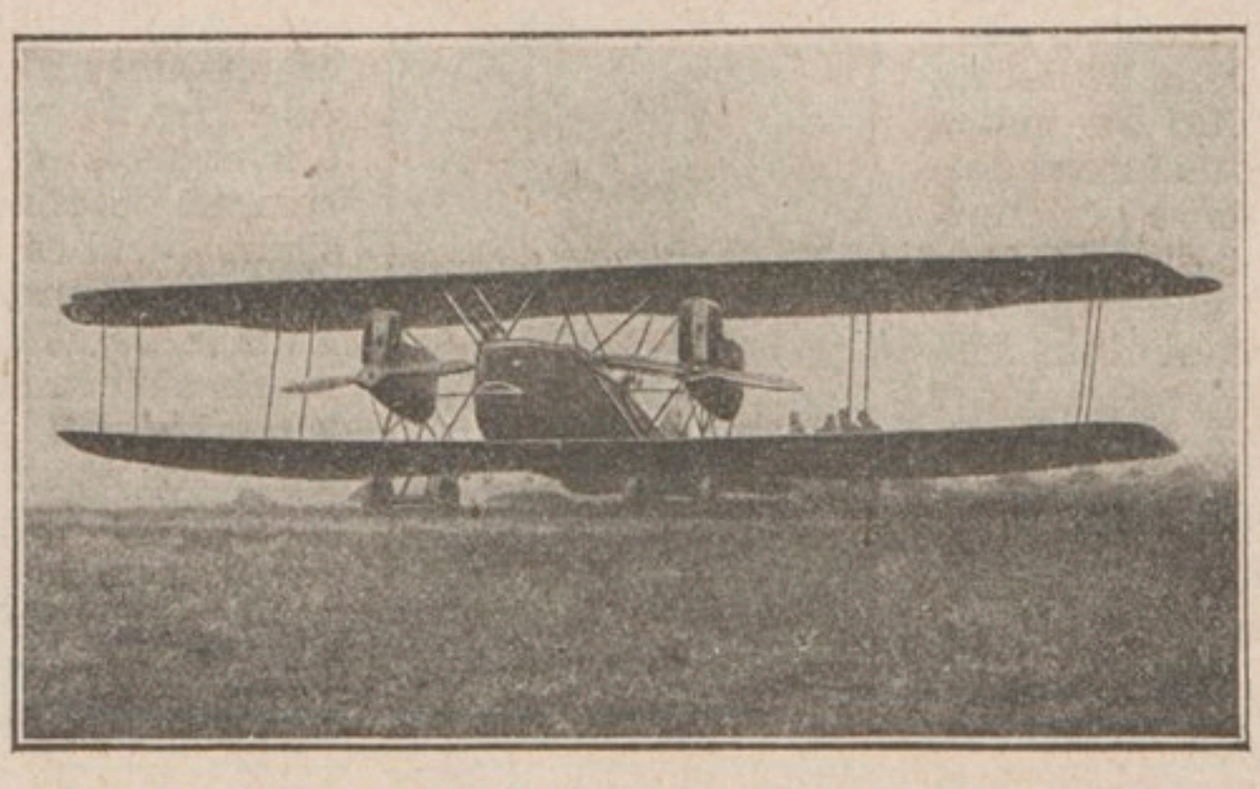
Les journaux ne consacrent plus de longs articles aux raids des sous-marins, que le public accepte comme un incident prévu du cours normal de la guerre. Les raids ont provoqué un élan pour les engagements volontaires dans l'armée et dans la marine, ce qui est extrêmement encourageant. »

LE DÉVELOPPEMENT FORMIDABLE DE LA GUERRE AÉRIENNE

On peut dire que, durant ces derniers mois, la guerre aérienne a pris une physionomie nouvelle, en raison de l'extraordinaire activité des aviateurs alliés dont les attaques heureuses se sont multipliées sur toute l'étendue du front.

Un communiqué officiel britannique du 22 mai constatait que nos alliés, pour leur part, avaient mis à mal, en deux mois, plus de mille avions allemands. On a relevé également que, durant le mois d'avril dernier, les alliés lancèrent plus de 38.000 bombes sur les lignes ennemies, alors que les Allemands ne parvinrent pas à en lancer 2.500. Les gares, les cantonnements, les dépôts de munitions, les voies ferrées, les casernes, les usines, furent l'objet de bombardements intenses et continus, et reçurent des milliers de projectiles. Voici quelques chiffres, pour les Français: 28.000 kilos, les 3 et 4 mai, sur les gares de Ham, de Noyon, de Péronne, etc., et les cantonnements des mêmes régions; 23.000 kilos, quelques jours auparavant, sur les ouvrages ennemis de Saint-Quentin et Laon.

Enfin, il semble qu'on se soit décidé à répondre aux sauvageries allemandes par des représailles sérieuses, qui devront aller en s'accentuant, puisque c'est la seule manière de ramener l'ennemi à une conception plus humaine de la guerre. Le samedi 18 mai en plein jour, un raid des plus audacieux et des plus heureux fut exécuté sur Cologne par des aviateurs anglais, qui bombardèrent les gares, les usines et les casernes ainsi que les hangars du chemin de fer ; trente-deux fortes bombes furent lancées avec succès, et plusieurs d'entre elles tombèrent dans les artères les plus fréquentées, où elles firent de nombreuses victimes et causèrent des dégâts très importants.



L'AVION ALLEMAND ABATTU A NOGENT-L'ARTAUD

Deux jours plus tard, c'était le tour de Landau, au nord-ouest de Karlsruhe, où des incendies furent constatés; on sut bientôt que plusieurs maisons particulières et l'hôtel de la kommandantur avaient été gravement endommagés. Le 30 mai, les aviateurs anglais faisaient une nouvelle visite à Mannheim, où ils jetaient vingt-quatre bombes et incendiaient une grande usine de produits chimiques. En même temps, ils bombardaient Krensewald et Sarrebruck, ainsi que la gare de Metz-Sablons. Le 6 juin, Coblentz était, à son tour, l'objet d'un raid de bombardement qui causa de grands dégâts dans la ville. On a connu, par les journaux allemands eux-mêmes, l'effet produit sur la population des villes du Rhin par ces incursions de l'aviation des Alliés ; il y a eu une véritable panique, et un vaste mouvement d'opinion s'est immédiatement dessiné contre tous les bombardements aériens.

CAP. VON RICHTHOFEN

L'as des as allemands, tué sur le front français.

Du reste, ce soudain souci n'empêche pas l'ennemi de se montrer aussi cruel que par le passé, quand il en trouve l'occasion. Nous en avons la preuve dans le bombardement abominable des hôpitaux anglais, au cours de la nuit du 20 mai; la nuit était claire, la lune brillait, on apercevait très distinctement les grandes croix rouges sur fond blanc ; les aviateurs allemands ne s'arrêtèrent par pour si peu et lancèrent d'énormes projectiles sur ces installations, tuant et blessant

plusieurs centaines de soldats, des médecins et des infirmières.

Nous mentionnerons d'un mot les bombardements aériens d'Ostende et de Zeebrugge par des aviateurs anglais, bombardements sans cesse renouvelés, ainsi que plusieurs raids audacieux des Italiens sur la station de sous-marins autrichiens de Cattaro pour en venir, sans plus tarder, aux expéditions des Allemands sur Paris et Londres. Pour sa part, la capitale anglaise a reçu, le 20 mai, la visite d'un assez grand nombre de gothas qui, soit dans la ville, soit en chemin, firent 37 morts et 161 blessés ; cinq au moins des appareils ennemis furent descendus par la défense aérienne. Au commencement d'avril, quatre zeppelins firent une incursion rapide sur les côtes et dans l'intérieur du pays, et lancèrent des bombes qui tombèrent presque toutes au milieu des champs; il y eut néanmoins une trentaine de victimes, dont cinq morts.

Ce fut surtout à Paris que les Allemands s'en prirent durant les deux derniers mois écoulés, soit au moyen de leur gros canon, soit par leurs raids nocturnes. Il nous suffira de rappeler, à leur date, ces divers bombardements, pour donner une idée exacte des épreuves acceptées avec tant de calme, et aussi, on peut le dire, avec un profond mépris du danger par la vaillante population parisienne. Le 11 avril, le gros canon envoya un obus dans une maternité, tuant des femmes et des enfants. Le lendemain, il tuait 2 personnes et en blessait 12 autres; puis, au cours de la nuit, arrivaient les gothas, qui faisaient 98 victimes, dont 26 tués, et causaient de graves dégâts matériels. Le 16 avril, le canon à longue portée atteignait un centre de travail, faisant 13 morts et 45 blessés, presque exclusivement des femmes. Dans la nuit du 24, alerte non suivie de bombardement : l'avion ennemi, qui avait provoqué le signal d'alarme, s'était vu, objet d'une canonnade intense, contraint de descendre aux environs de Nogent-l'Artaud. Trois semaines s'écoulèrent, on ne comptait plus sur les gothas, mais ils reparurent le 14 mai, tentèrent par deux fois de s'approcher de Paris, et durent se retirer sous les feux de barrage. Nouvelle tentative le 17 mai ; des bombes sont lancées sur la grande banlieue. Le lendemain, les gothas récidivent, reculent devant la défense aérienne de Paris, mais causent des dégâts et font quelques victimes dans des localités voisines ; l'un d'eux est abattu en flammes au nord de la capitale. Le 21 mai, plus heureux, à la suite d'une deuxième tentative, ils parvenaient à jeter plusieurs bombes sur la ville, où il y avait un mort et 12 blessés ; dans la banlieue, le nombre des morts s'élevait à 8, et il y avait 7 blessés. Et les raids nocturnes sur Paris et ses environs se sont poursuivis presque sans répit, tandis que le 27 mai au matin, jour de la nouvelle offensive allemande, le canon à longue portée, d'un calibre un peu plus fort que l'ancien, recommençait à tirer sur la capitale, faisant çà et là quelques victimes.

LIEUTENANT FONCK

Le 22 mai 1918, il enregistrait sa 45e victoire.

Pendant ce temps, dans les combats du front, nos aviateurs se couvraient de gloire, et Fonck parvenait à enregistrer sa quarante-cinquième victoire, après avoir mis à mal trois avions dans une seule journée. Mais, auparavant, le 9 mai, en quelques minutes, il avait abattu six appareils allemands, succès inouï, qui n'avait été obtenu par nul autre avant lui. C'est ainsi que ce brillant aviateur devient l'égal du regretté Guynemer, tout en ayant des qualités différentes de celles de son glorieux aîné. Il est suivi par Nungesser, si longtemps éloigné des combats aériens par ses blessures, et qui, en récompense de ses exploits, a été promu officier de la Légion d'honneur. N'oublions pas le nom du sous-lieutenant Guérin, qui remportait à la fin d'avril sa vingt et

WILLIAM THAW

Le 20 avril 1918, ce pilote américain abattait son cinquième avion.

CAP. WOOLLETT

Sur le front anglais, il descendit sept avions dans une seule journée.

LE LIEUT. DEMEULDRE
Tué en combat aérien.

COMMANDANT DU PEUTY
Porté disparu dans les derniers jours d'avril.

unième victoire, et le lieutenant Madon qui, dans les premiers jours de juin, enregistrait son trente-deuxième avion ennemi descendu. Le capitaine Pinsard en était à son dix-neuvième et l'aviateur américain Baylies, à son douzième. Il faut aussi nommer les adjudants Chavannes et de Marmier, le sous-lieutenant Hérisson, le lieutenant de Turenne, le lieutenant Hugues, le lieutenant Bozon-Verduraz, etc., qui marchent avec adresse, audace et bonheur, sur les traces de leurs devanciers. Jamais l'aviation française n'a été plus brillante et plus sûre d'elle-même. Malheureusement, elle a eu ses deuils. Le lieutenant Chaput, qui en était à sa seizième victoire, le lieutenant Demeuldre, le capitaine Derode ont été tués au cours de combats aériens. Avant eux, on avait eu à déplorer la perte du capitaine Meiffre, ainsi que la disparition du commandant du Peuty et du capitaine Mahieu. Enfin, Gilbert se tuait à Chaville, en expérimentant un nouvel avion; cet accident causa une douleur générale, car Gilbert, demeuré célèbre pour ses raids à grande vitesse d'avant la guerre, s'était montré plein de vaillance dans les combats, jusqu'au jour où, victime d'une panne au retour d'une expédition de bombardement, il fut interné en Suisse. L'histoire de ses évasions n'a pas besoin d'être rappelée.

Nos alliés américains ont été, pour leur part, cruellement éprouvés par la disparition du capitaine Hall et la mort de Raoul Lufbery, qui comptait dix-huit victoires à son actif, et de qui l'appareil prit feu pendant un combat aérien. Il avait été l'un des premiers, parmi ses compatriotes, à venir lutter sur notre front, où il ne comptait que des amis et des admirateurs. Du côté de l'ennemi, les pertes ont été sensibles, mais l'une d'elles le fut particulièrement; son plus grand aviateur, le baron de Richthofen, fut abattu sur le front de la Somme, par des aviateurs anglais; chef de la fameuse escadrille rouge, Richthofen comptait à son actif quatre-vingts victoires, mais il convient de rappeler que ce chiffre a été vivement et sérieusement contesté. Son frère, le lieutenant Lothar von Richthofen était très grièvement blessé quelques semaines plus tard.

N'oublions pas de signaler deux nouveaux « as » américains : le major William Thaw et le lieutenant Baer, dignes émules des regrettés Lufbery et Hall, et l'exploit du capitaine anglais Woollett qui, battant le record de Fonck, aurait détruit sept appareils allemands en une seule journée et en quelques heures.

Nos alliés d'outre-Atlantique ne cessent d'intensifier la fabrication de leurs machines volantes, car ils estiment que la victoire peut être également obtenue dans les airs. C'est ainsi qu'en juin 1917 ils possédaient en tout et pour tout 300 aéroplanes militaires. Un an plus tard, le gouvernement américain obtenait, pour son aviation, le vote d'un crédit de 6 milliards 920 millions et le budget pour la nouvelle année fiscale est de 5 milliards 160 millions de francs.

GILBERT
Mort accidentellement.

CAPITAINE MAHIEU
Porté disparu en avril 1918.

R. LUFBERY
L'as des as américains tué le 19 mai 1918.

CHRONOLOGIE DES FAITS DE GUERRE SUR TOUS LES FRONTS

(Nous reprenons cette chronologie aux dates suivant immédiatement celles où nous avons dû l'interrompre dans notre précédent numéro)

FRONT OCCIDENTAL

Avril 1918

Le 1er. — *Les troupes franco-britanniques reprennent Hangard-en-Santerre.*

Le 2. — *Progrès des forces alliées entre la Somme et Demuin.*

Le 4. — *L'ennemi, qui progresse légèrement au sud de Moreuil, est nettement repoussé à Grivesnes.*

Le 5. — *Nous améliorons nos positions aux abords de Grivesnes et de Moreuil, ainsi qu'au mont Renaud. Les Anglais cèdent un peu de terrain à l'est de Villers-Bretonneux.*

Le 6. — *Echec d'une forte attaque ennemie au nord-ouest de Montdidier, ainsi qu'au mont Renaud.*

Le 8. — *Activité considérable de l'artillerie adverse dans la région de la Bassée.*

Le 9. — *Sous la poussée furieuse des Allemands, les Portugais et les Anglais reculent de plusieurs kilomètres, depuis le canal de la Bassée jusqu'aux approches d'Armentières.*

Le 10. — *Dans les Flandres, la bataille s'étend jusqu'au canal d'Ypres; Givenchy, Messines, Estaires, etc., sont le théâtre de combats furieux. — L'ennemi nous enlève Hangard-en-Santerre, que nous reprenons de haute lutte.*

Le 11. — *Les Anglais évacuent Armentières.*

Le 12. — *L'ennemi franchit la Lys de Merville à Armentières et s'approche de Bailleul. — Furieux combats aux abords de Hangard-en-Santerre. — Violent bombardement de Reims.*

Le 13. — *Les Anglais contiennent l'ennemi devant Bailleul. — Nous attaquons avec succès dans la région de Lassigny. — Une partie de Reims est en flammes.*

Le 14. — *Le général Foch est nommé commandant en chef des armées alliées. — Vaines attaques allemandes à Bailleul.*

Le 15. — *Attaques allemandes massives dans les secteurs de Bailleul et Merville, repoussées avec des pertes importantes.*

Le 16. — *L'ennemi parvient à s'emparer de Bailleul, Wulverghem, Wytschaete et Saint-Eloi.*

Le 17. — *De grosses attaques allemandes sont repoussées, dans la région de Wytschaete, par les troupes anglaises, appuyées par des contingents français. — Nos alliés rectifient leur ligne dans le saillant d'Ypres. — Les troupes belges repoussent victorieusement une lourde attaque ennemie, et font 600 prisonniers.*

Le 18. — *Dans la région de Moreuil, nous améliorons nos positions, et nous faisons plus de 500 prisonniers.*

Le 21. — *Nous reprenons un terrain récemment perdu, à l'est de Saint-Mihiel.*

Le 22. — *Forte attaque infructueuse des Allemands au nord d'Albert.*

Le 23. — *L'artillerie allemande se montre active dans la direction d'Amiens.*

Le 24. — *Formidable attaque vers Amiens. L'ennemi s'empare de Villers-Bretonneux et occupe une partie de Hangard.*

Le 25. — *Recul des troupes alliées au mont Kemmel. — Nous perdons Hangard. Les Anglais reprennent Villers-Bretonneux.*

Le 26. — *Nous contre-attaquons avec succès dans la région de Villers-Bretonneux, et nous reprenons une partie de Hangard. — Dans les Flandres, à la suite de la perte du Kemmel, les Franco-Anglais reculent jusqu'à la route de Bailleul à Ypres.*

Le 28. — *Dans les Flandres, les Anglais chassent les Allemands de Woormezeele.*

Le 29. — *L'ennemi attaque, de Meteren au nord d'Ypres, et il est partout repoussé avec d'énormes pertes.*

Le 30. — *Vif combat dans le secteur de Noyon, où nous repoussons les Allemands.*

Mai

Le 1er. — *Activité des deux artilleries dans la région de Villers-Bretonneux.*

Le 3. — *Petits combats heureux pour nous aux environs de Villers-Bretonneux.*

Le 4. — *Echecs allemands au nord de Reims.*

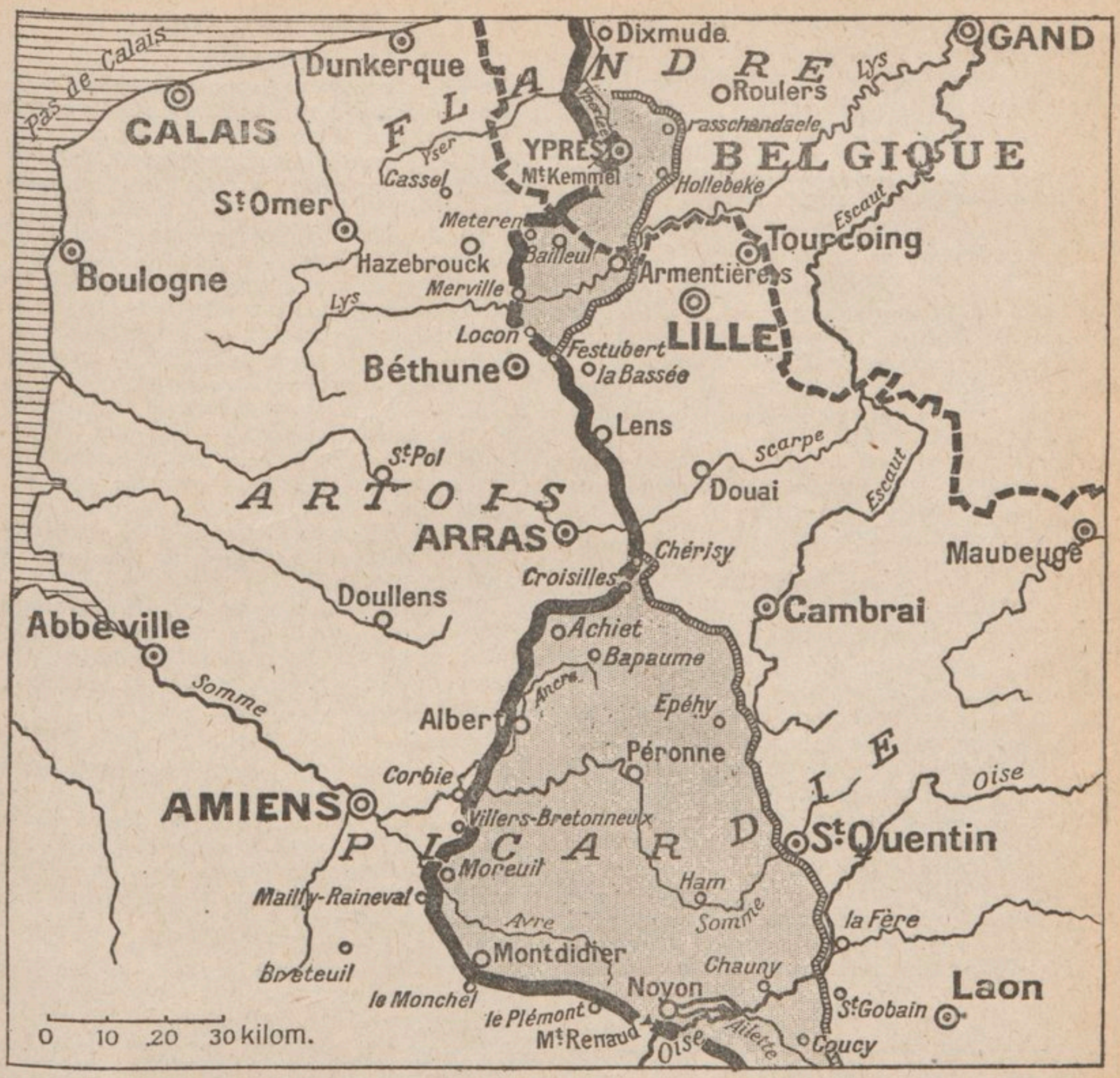
Le 6. — *Nous repoussons une attaque allemande au sud de Locre, et les Anglais progressent au sud d'Albert.*

Le 9. — *Attaque ennemie brisée par l'artillerie à Bouzincourt et Albert.*

Le 10. — *Nos troupes chassent les Allemands du parc de Grivesnes, faisant près de 300 prisonniers.*

Le 11. — *En lui infligeant de lourdes pertes, nous repoussons une très grosse attaque de l'ennemi au bois de la Gaune.*

Le 12. — *Nous améliorons nos positions au nord du village de Kemmel, et nous faisons une centaine de prisonniers.*



LE FRONT DE PICARDIE ET DES FLANDRES

▭▭▭ *avant l'offensive du 21 mars ;* ▬▬ *limite de l'avance allemande.*

Le 14. — *Nous repoussons une forte attaque dans les environs de Kemmel.*

Le 15. — *Avance française au nord de Kemmel.*

Le 16. — *Echec d'un coup de main ennemi à l'ouest de Montdidier.*

Le 17. — *Activité considérable des deux artilleries sur les rives de l'Avre.*

Le 19. — *Brillante opération des Australiens qui, au nord de Morlancourt, font près de 400 prisonniers.*

Le 20. — *Dans la région de Locre, nous faisons plus de 400 prisonniers en avançant le front sur une largeur de quatre kilomètres.*

Le 21. — *Echec d'une grosse attaque ennemie contre les Anglais, dans la région de Merville.*

Le 22. — *Coups de main ennemis repoussés en Woëvre et en Lorraine.*

Le 25. — *Heureux coup de main anglais, au nord d'Albert et des Américains en Picardie.*

Le 26. — *Sensible échec des Allemands dans une attaque contre nos positions d'Orvillers-Sorel.*

Le 27. — *Offensive allemande entre Soissons et Reims. L'ennemi parvient jusqu'à la vallée de l'Aisne, dans la région de Pont-Arcy. Une autre attaque échoue sur le front de la Lys.*

Le 28. — *Poursuivant leur avance, les Allemands franchissent l'Aisne et la Vesle et occupent Bazoche et Fismes. Leurs attaques sont brisées à Neuville-sur-Margival, à Vrégny, au nord-est de Soissons, etc. A l'ouest de Montdidier, les troupes américaines enlèvent d'assaut Cantigny. — Dans les Flandres, la ligne alliée est reconstituée.*

Le 29. — *Après une bataille acharnée, les troupes françaises évacuent Soissons.*

Le 30. — *A l'ouest de Soissons, nous empê-*

chons les Allemands de progresser. Ils occupent Fère-en-Tardenois et Vezilly. Au nord-ouest de Reims, toutes les attaques ennemies sont brisées.

Le 31. — *L'ennemi exerce une pression vers l'Oise, s'efforce de s'avancer vers Neuilly-Saint-Front, et, dépassant Oulchy-la-Ville et Oulchy-le-Château, progresse vers Château-Thierry. — Raid heureux des Américains en Woëvre.*

Juin

Le 1er. — *L'ennemi s'empare de la partie nord de Château-Thierry. Toutes ses tentatives pour traverser la Marne échouent.*

Du 2 au 8. — *Les Allemands cessent leurs attaques entre l'Ourcq et la Marne et nous reprenons du terrain.*

Le 9. — *L'ennemi attaque en force entre Montdidier et Noyon. Nous le contenons aux ailes, mais il progresse de cinq à six kilomètres vers Ressons-sur-Matz.*

SUR MER

Avril 1918

Le 10. — *Bombardement de l'île de Castellorizo par un sous-marin allemand.*

Le 11. — *Le dreadnought allemand* Rheinland *saute sur une mine aux îles d'Aland. — Bombardement d'Ostende et de Zeebrugge par des navires anglais.*

Le 20. — *Quelques navires légers britanniques mettent en fuite des forces allemandes dans la baie d'Héligoland.*

Le 23. — *Une flottille anglo-française embouteille les ports d'Ostende et de Zeebrugge.*

Le 29. — *Torpillage du paquebot américain* Oronsa *par un sous-marin. Trois victimes.*

Mai

Le 9. — *Les Anglais complètent l'embouteillage du port d'Ostende.*

Le 14. — *Un cuirassé autrichien du type* Viribus Unitis *est torpillé et coulé dans le port de Pola par un bateau italien.*

Le 18. — *Le sous-marin allemand* U-39 *se réfugie dans le port de Carthagène.*

Le 23. — *Le croiseur auxiliaire anglais* Moldavia *est torpillé et coulé ; quelques victimes parmi les soldats américains.*

Le 24. — *Le sous-marin allemand* U-56, *avarié, entre dans le port de Santander.*

Le 25. — *On annonce officiellement que, le* 11 *mai, un sous-marin américain a coulé un sous-marin allemand du type croiseur.*

Le 26. — *Le transport anglais* Leasowe Castle *est coulé par un sous-marin en Méditerranée ; 101 disparus.*

Juin

Du 1er au 8. — *Des sous-marins allemands opèrent sur la côte américaine ; on signale une vingtaine de bateaux coulés, se qui n'émeut nullement nos alliés.*

DANS LES AIRS

Avril 1918

Le 1er. — *Le communiqué constate que l'aviation italienne a pris une part importante à la bataille de Picardie.*

Le 3. — *Les aviateurs français jettent 23.000 kilos de projectiles sur les cantonnements ennemis.*

Le 13. — *Raid de gothas sur Paris ; 26 morts et 73 blessés. — Dans les deux derniers jours, nos aviateurs lancent 48.000 kilos de projectiles sur les gares et les cantonnements ennemis ; l'aviation italienne prend part à ces expéditions. — Quatre zeppelins survolent l'Angleterre.*

Le 21. — *L'aviateur allemand Richthofen est tué dans la Somme. — En cette journée et la veille, 49.000 kilos de projectiles sont jetés sur les ouvrages ennemis par nos aviateurs.*

Le 24. — *Un avion allemand, se dirigeant vers Paris, est contraint de descendre à Nogent-l'Artaud.*

Le 26. — *Le ministre anglais de l'aéronautique publie un travail d'où il résulte que dans le courant de mars 38.178 bombes ont été lancées par les Anglais et seulement 3.465 par les Allemands.*

Mai

Le 1er. — *Il est établi que 470 appareils ennemis ont été détruits en avril.*

Le 9. — *Fonck abat six avions dans la journée, ce qui lui donne quarante-deux victoires.*

Le 15. — *Tentative infructueuse des gothas vers Paris. Ils ne peuvent pas dépasser la grande banlieue.*

Le 16. — *L'aviateur Gilbert se tue.*

Le 18. — *Les aviateurs anglais bombardent Cologne en plein jour. 88 morts, nombreux blessés, dégâts considérables.*

Le 19. — *On annonce la mort dans un combat de l'aviateur américain Lufbery.*

Le 20. — *Raid d'une trentaine de gothas vers Londres ; 37 morts, 161 blessés ; sept appareils allemands sont abattus.*

Le 21. — *Raid de gothas vers Paris. Empêchés de passer, les aviateurs allemands jettent leurs bombes dans la banlieue.*

Le 22. — *Deux attaques de gothas sur Paris. Dans la ville, 1 mort et 12 blessés ; en banlieue, 8 morts et 7 blessés.*

Le 27. — *Un nouveau gros canon bombarde Paris. — Vaine attaque de quatorze gothas, qui ne parviennent pas à franchir les tirs de barrage.*

Le 28. — *Des avions allemands bombardent Rouen ; un mort et quatre blessés.*

Le 29. — *Gothas sur la région parisienne. Quelques bombes sur la banlieue. Un appareil ennemi est abattu.*

Le 30. — *Quelques bombes aériennes dans la banlieue de Paris. Pas de victimes*

Le 31. — *Deux alertes à Paris. Les gothas ne peuvent aborder la capitale.*

Le gérant : Lucien Josse.

Paris. — Imp. Verdier 18, rue d'Enghien.

LA NOUVELLE RÉPUBLIQUE DE L'UKRAINE, QUI A ACCEPTÉ D'ÊTRE VASSALE DE L'ALLEMAGNE

LE PROCHAIN NUMÉRO DE "LA SCIENCE ET LA VIE"
PARAITRA EN SEPTEMBRE 1918